1– تفاعلات الاكسدة والارجاع:

- **الاكسدة:** هي عملية فقدان الالكترونات اثناء تحول كيميائي.
- **الارجاع** : هي عملية اكتساب الإلكترونات اثناء تحول كيميائي.
- **المرجع** : هو الفرد الكيميائي الذي يفقد الكترون او اكثر اثناء تحول كيميائي.
- **المؤكسد:** هو الفرد الكيميائي الذي يكتسب الكترون او اكثر اثناء تحول كيميائي.

- **الشروط الستوكيومترية** : كمية المادة للمتفاعلات بنسب معاملاتها الستوكيومترية .

2– أنواع التحولات:

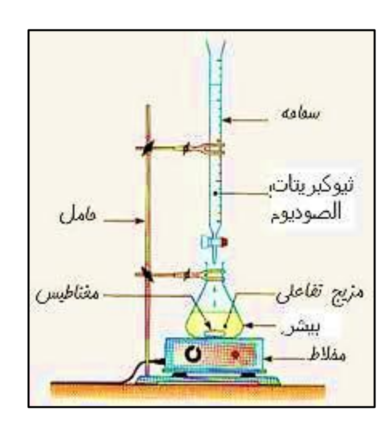
- التحول الكيميائي السريع: هو التحول الذى يصل الى نهايته مباشرة بعد ان تتلامس المتفاعلات.
- التحول الكيميائي البطيء : التحول الذى يصل الى نهايته بعد ثواني او دقائق او ساعات.
- التحول الكيميائي البطيء جدا : التحول الذى يصل الى نهايته بعد ايام او اشهر وحتى سنوات.

3– المتابعة الزمنية لتحول كيميائي:

أ– المتابعة عن طريق المعايرة:

- **البروتوكول التجريبي:**

– نملأ السحاحة بمحلول تيوكبريتات الصوديوم ونضبط مستوى المحلول عند التدريجة 0 .



– نأخذ انبوب ونسكبه في بيشر مع اضافة ماء بارد وقطع جليد.

– نضع البيشر فوق مخلاط مغناطيسي .

– نشغل المخلاط المغناطيسي ونبدأ بإضافة المحلول من السحاحة قطرة فقطرة حتى يتغير لون المحلول .

– نسجل قيمة حجم التكافؤ .

- **نقطة التكافؤ التكافؤ:** وهي النقطة التي تكون فيها كمية المادة للمحلول المعاير والمحلول المعاير بنسب معاملاتها الستوكيومترية .

– نستدل على حدوث التكافؤ بتغير لون المحلول .

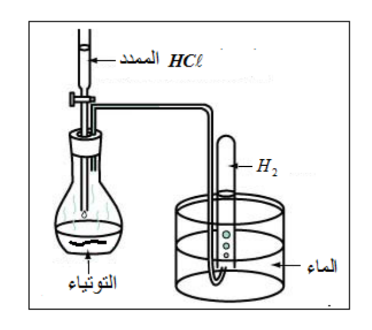
- **دور الماء والجليد** : توقيف التفاعل.

ب– المتابعة عن طريق الناقلية:

- **البروتوكول التجريبي:**

- نحضر المزيج التفاعلي في بيشر ونضعه في حمام مائي الذي يوضع بدوره فوق مخلاط مغناطيسي .
- نغمس مصبار جهاز قياس الناقلية في المحلول ويوضع شاقوليا ولا يلامس قعر البيشر.
- نشغل المخلاط ونبدأ في تسجيل قيم الناقلية مع الزمن .
- ندون النتائج في جدول ونرسم المنحنيات المطلوبة .

- يمكن متابعة تفاعل عن طريق الناقلية: لوجود شوارد.



ج- المتابعة عن طريق قياس حجم الغاز المنطلق:

نحضر المزيج التفاعلي داخل بالون (دورق) الذي يغلق بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس غاز مدرج ومنكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج وقياس حجمه في لحظات مختلفة.

د – المتابعة عن طريق قياس الضغط:

نحضر المزيج التفاعلي داخل بالون (دورق) الذي يغلق بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس الضغط.

4- **زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$** :هو الزمن الازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.

- **الفائدة من تعريفه:** المقارنة بين تفاعلين من حيث السرعة وكذلك التحكم في التفاعل الموافق.

5- **سرعة التفاعل:**

السرعة	تعريفها	عبارتها
سرعة التفاعل	تغير تقدم التفاعل خلال وحدة الزمن	$v = \frac{dx}{dt}$
السرعة الحجمية للتفاعل	سرعة التفاعل في وحدة الحجم	$v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$
سرعة التشكل	قيمة تغير عدد المولات خلال الزمن	$v = \frac{dn}{dt}$
السرعة الحجمية للتشكل	تغير عدد مولاته خلال الزمن في وحدة الحجم	$v = \frac{dc}{dt}$ أو $v = \frac{1}{V} \times \frac{dn}{dt}$
سرعة الاختفاء	القيمة المطلقة لتغير عدد المولات خلال الزمن	$v = -\frac{dn}{dt}$
السرعة الحجمية للاختفاء	القيمة المطلقة لتغير عدد مولاته خلال الزمن في وحدة الحجم	$v = -\frac{dc}{dt}$ أو $v = -\frac{1}{V} \times \frac{dn}{dt}$

6- **العوامل الحركية:**

أ- **العامل الحركي** :هو كل مقدار فيزيائي قادر على تغيير السرعة التي يحدث بها التحول الكيميائي

ب-**تعريف الوسيط:** هو نوع كيميائي يسرع التفاعل دون ان يتدخل فيه ولا يظهر في الحالة النهائية للجملة .

ج- **تعريف الوساطة:** هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي .

د- **انواع الوساطة:**

- الوساطة المتجانسة: ويكون الوسيط والمتفاعلات من نفس الطور.
- الوساطة غير المتجانسة: ويكون الوسيط والمتفاعلات من طورين مختلفين.
- الوساطة الانزيمية : يكون الوسيط انزيم.

ه- **التفسير المجهري لتغير السرعة:**

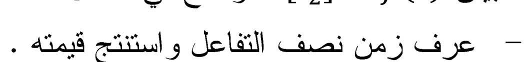
- التركيز: تناقص التراكيز يؤدي الى تناقص تواتر التصادمات الفعالة مما يؤدي الى تناقص وتيرة التفاعل ومنه تتناقص سرعة التفاعل.
- الحرارة: نقصان درجة الحرارة يؤدي الى تناقص تواتر التصادمات الفعالة مما يؤدي الى تناقص وتيرة التفاعل ومنه تتناقص سرعة التفاعل. والعكس صحيح.

n : عدد المولات أو كمية المادة بـ (mol)		$n = \frac{N}{N_A}$	N_A : عدد آفوقادرو: $N_A = 6,023.10^{23}$ N : عدد الذرات أو الجزيئات
		$n = \frac{m}{M}$	M : الكتلة المولية بـ (g/mol) m : الكتلة بـ (g)
		$n = \frac{V_g}{V_M}$	V_g : حجم الغاز(L) V_M : الحجم المولي (L/mol)
c : التركيز المولي بـ $(mol/)$		$c = \frac{n}{V}$	n : عدد المولات بـ (mol) V : حجم المحلول بـ (L)
c_m : أو t التركيز الكتلي بـ (g/L)		$c_m = \frac{m}{V}$	m : الكتلة بـ (g) V : حجم المحلول بـ (L)
ρ : الكتلة الحجمية بـ (g/mL)		$\rho = \frac{m}{V}$	m : كتلة العينة بـ (g) V : حجم العينة بـ (mL)
d : الكثافة	السوائل والمواد الصلبة	$d = \frac{\rho}{\rho_e}$	ρ_e : الكتلة الحجمية للماء $\rho_e = 1\, g/ml = 1kg/l$ ρ : الكتلة الحجمية للسائل أو الصلب (g/ml)
	الغازات	$d = \frac{\rho_g}{\rho_a}$	ρ_g : الكتلة الحجمية للغاز ρ_a : الكتلة الحجمية للهواء
	الغازات في الشروط النظامية	$d = \frac{M}{29}$	M: الكتلة المولية بـ g/mol
قانون التمديد او التخفيف		$c_1V_1 = c_2V_2$	c_1 : تركيز المحلول المركز . c_2 : تركيز المحلول المخفف . V_1 : حجم المحلول المركز. V_2 : حجم المحلول المخفف. V : حجم الماء المضاف : $V_e = V_2 - V_1$
F : معامل التمديد		$F = \frac{c_1}{c_2} = \frac{V_2}{V_1}$	c_1 : تركيز المحلول المركز . c_2 : تركيز المحلول المخفف . V_1 : حجم المحلول المركز. V_2 : حجم المحلول المخفف.
تركيز محلول تجاري		$C = \frac{10 .P.d}{M}$	P : درجة النقاوة d : الكثافة بالنسبة للماء. M : الكتلة المولية .
G: الناقلية بـ (S)		$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} = k\sigma$	I : التيار الكهربائي بـ ( ) U : التوتر الكهربائي بـ ( ) R : المقاومة بـ (Ω) k : ثابت الخلية بـ ( ) ، $k = \frac{s}{L}$.
σ : الناقلية النوعية (S/m)		$\sigma = \lambda_1[X_1] + \lambda_2[X_2] + \cdots$	λ_1 : الناقلية النوعية المولية للشاردة بـ $(S.m/mol)$. $[X_1]$: التركيز المولي للشاردة بـ (mol/m^3)

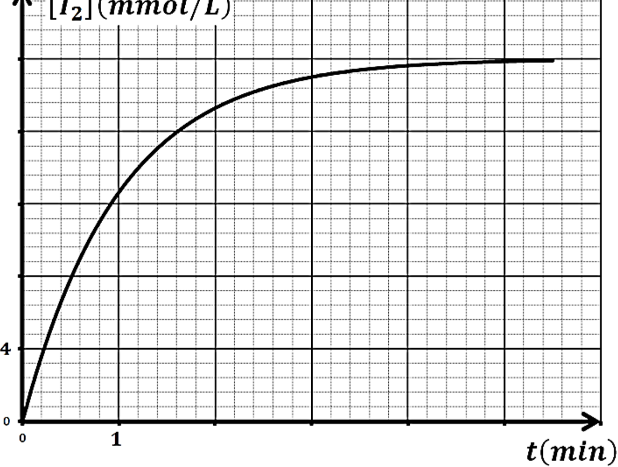
التمرين 1: من بكالوريا علوم تجريبية 2011

نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 200ml$ من محلول مائي لبيروكسودي كبريتات البوتاسيوم$(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 0.04\ mol/l$ مع حجم $V_2 = 200ml$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم$(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $.C_2 = 0.4\ mol/l$

1. إذا علمت أن الثنائيتين Ox/Red الداخلتين في التحول الكيميائي هما:$(S_2O_8^{2-}/SO_4)$ و (I_2/I^-).
   أ- أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة- إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل.
   ب- أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث. استنتج المتفاعل المحد.
2. توجد عدة تقنيات لمتابعة تطور تشكل ثنائي اليودI_2 بدلالة الزمن. استخدمت واحدة منها في تقدير كمية ثنائي اليود ورسم



البيان $[I_2] = f(t)$ الموضح في الشكل.



   - عرف زمن نصف التفاعل واستنتج قيمته .
3. إن الطريقة التي أدت نتائجها إلى رسم البيان تعتمد في تحديد تركيز ثنائي اليود المتشكل عن طريق المعايرة، حيث تؤخذ عينات متساوية، حجم كل $V = 10ml$ منها من الوسط التفاعلي في أزمنة مختلفة (توضع العينة مباشرة لحظة أخذها في الماء والجليد) ثم نعاير بمحلول مائي لثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C' = 0.01\,mol/l$. معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحادث هي:

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

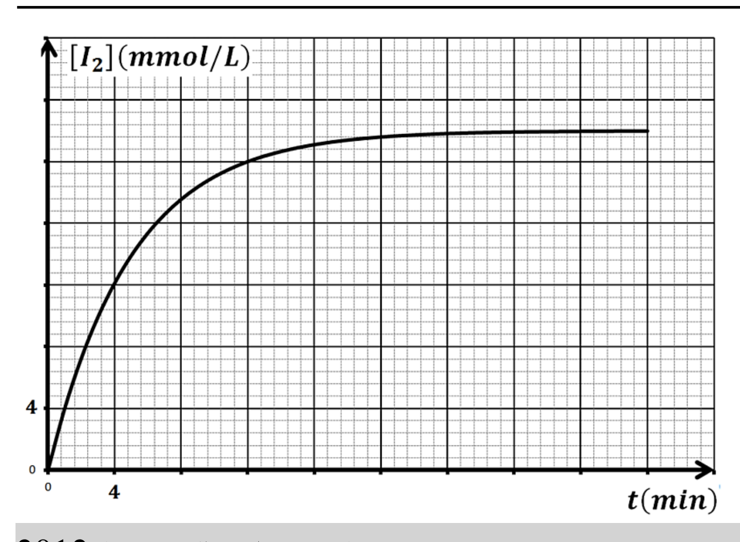
   أ- ما هي الوسيلة المستخدمة لأخذ $10ml$ من الوسط التفاعلي؟
   ب- اذكر الخواص الاساسية للتفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل بين ثيوكبريتات الصوديوم وثنائي اليود.
   ج- أوجد عبارة $[I_2]$ بدلالة كل من: V, C', V_E حيث: V_E هو حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم اللازمة لبلوغ نقطة التكافؤ E .
   د- احسب الحجم المضاف V_E في اللحظة $t = 1.2min$.

التمرين 2: باك تقني رياضي 2011

نحضر محلولا (S) بمزج حجم $V_1 = 100ml$ من الماء الاكسجينيH_2O_2 تركيزه المولي$C_1 = 0.045\,mol/l$ مع حجم $V_2 = 100ml$ من محلول يود البوتاسيوم$(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $.C_2 = 0.2\,mol/l$

تعطى الثنائيات:(I_2/I^-)، (H_2O_2/H_2O).

1. أ- أكتب معادلة أكسدة- إرجاع معتمدا على المعادلتين النصفيتين.
   ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد.
2. نقسم المحلول(S) على عدة أنابيب متماثلة كل منها يحتوي على حجم $V = 20ml$ وفي اللحظة $t = 3min$ نضيف إلى الأنبوب الأول ماء وقطع من الجليد ثم نعاير ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ لمتشكل بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3{}^{2+})$ تركيزه المولي $C = 1.0\,mol/l$ نكرر التجربة السابقة كل ثلاث دقائق مع بقية الأنابيب، علما أن حجم الثيوكبريتات المضاف عند التكافؤ هو V_E.
   - لماذا نضيف الماء وقطع الجليد لكل أنبوب قبل المعايرة؟
3. ننمذج التحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة بالمعادلة: $I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$



- بين أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في أي لحظة t يعطى بالعلاقة: $[I_2] = \frac{CV_E}{2V}$.

4. إن دراسة تغيرات التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن أعطى البيان في الشكل:

أ- استنتج قيمة $[I_2]_f$ في نهاية التفاعل.

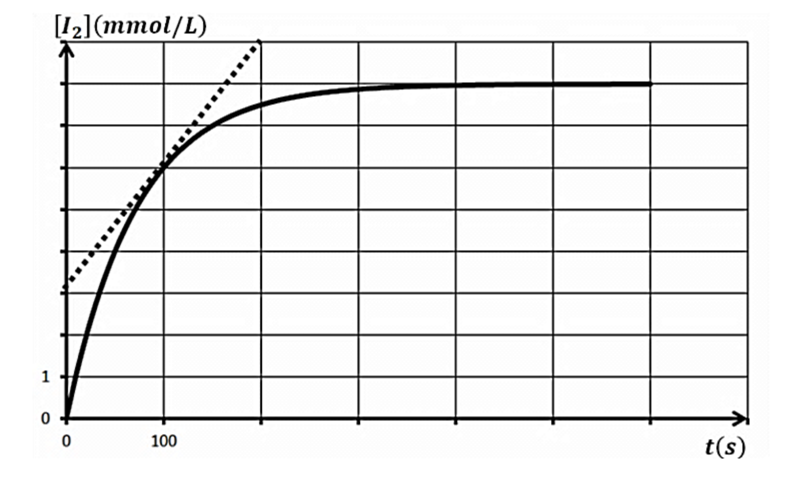
ب- أحسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود I_2 في اللحظة $t = 8min$.

جـ- استنتج سرعة اختفاء الماء الاكسجيني في نفس اللحظة .

التمرين 3: باك علوم تجريبية 2012

لأجل الدراسة الحركية اتفاعل محلول يود البوتاسيوم مع الماء الاكسجيني ، نحضر في بيشر عند الحظة $t = 0s$ المزيج التفاعلي (s) المشكل من حجم $V_1 = 368ml$ من محلول يود البوتاسيوم الذي تركيزه المولي $c_1 = 0.05\,mol/l$ والحجم $V_2 = 32ml$ من الماء الاكسجيني الذي تركيزه المولي $c_2 = 0.1\,mol/l$ ، وكمية كافية من حمض الكبريت المركز ، فيحدث تفاعل بطيء وفق المعادلة التالية : $H_2O_{2(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} = 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$

نتابع التطور الحركي للتفاعل من خلال قياس التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في لحظات زمنية متعاقبة، وذلك باستعمال طريقة المعايرة اللونية الآتية : نأخذ عند اللحظة t عينة حجمها $V = 40ml$ من المزيج التفاعلي (s) ونسكبها في بيشر يحتوي الجليد المنصهر والنشاء فيتلون المزيج بالأزرق ، بعد ذلك نضيف تدريجيا لهذه العينة محلولا مائيا لثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+{}_{(aq)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}\right)$ الذي تركيزه المولي $c_3 = 0.1\,mol/l$ الى غاية اختفاء اللون الازرق نستنتج التركيز المولي عند اللحظة t .نعيد العملية في لحظات متعاقبة ، ثم نرسم تطور التركيز المولي لثنائي اليود بدلالة المتشكل بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني المقابل:



1- أ- ارسم بشكل تخطيطي عملية المعايرة .

ب- ماهي الوسيلة التي نستعملها لأخذ $40ml$ من المزيج التفاعلي ؟

ج- اكتب معادلة المعايرة. علما ان الثنائيات الداخلة في التفاعل هي: $I_2/I^-\ ;\ S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$

2- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_2]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز المولي c_3 لثيوكبريتات الصوديوم .

3- انشئ جدول لتقدم تفاعل الماء الاكسجيني ويود البوتاسيوم وبين أن الماء الاكسجيني هو المتفاعل الحد .

4- عرف السرعة الحجمية v للتفاعل ، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 100s$.

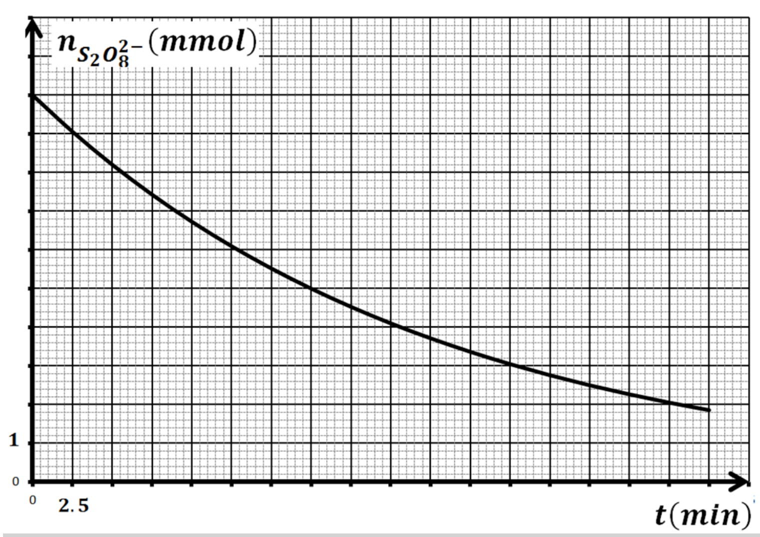
5- جد بيانيا زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$.

التمرين 4: باك تقني رياضي 2008

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول (S_1) لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ ومحلول(S_2) ليود البوتاسيوم$(K^+ + I^-)$ في درجة حرارة ثابتة. لهذا الغرض نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 50ml$ من المحلول(S_1) تركيزه المولي $C_1 = 0.2\ mol/l$ مع حجم $V_2 = 50ml$ من المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2 = 1.0\ mol/l$.

نتابع تغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة، فنحصل على البيان الموضح في الشكل المقابل، ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بالتفاعل الذي معادلته:

$$2I^-_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_{4(aq)}$$



1. حدد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل.
2. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.
3. حدد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام.
4. عرف زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$ واستنتج قيمته بيانيا.
5. أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{\frac{1}{2}}$.
6. عرف السرعة الحجمية للتفاعل ثم استنتج بيانيا قيمتها في اللحظة $t = 10min$.

التمرين 5: باك تقني رياضي - بتصرف 2013

لمتابعة تطور حمض الاوكساليك $H_2C_2O_4$ مع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ ، نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 50ml$ من محلول حمض الاوكساليك تركيزه المولي: $c_1 = 12\ mmol/l$ مع حجم $V_2 = 50ml$ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي $c_2 = 16\,mmol/l$ ، بوجود وفرة من حمض الكبريت المركز.

ننمذج التفاعل الحاصل بالمعادلة التالية:

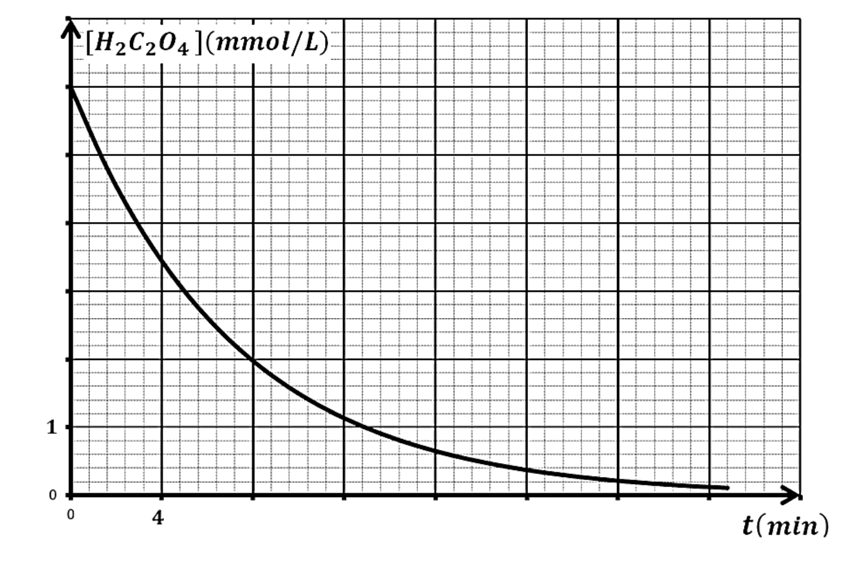
$$3H_2C_2O_4{}_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 8\,H^+{}_{(aq)} = 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6CO_{2(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

1– أ– حدد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل .

ب– انشئ جدول لتقدم هذا التفاعل ، ثم حدد المتفاعل المحد .

ج – بين أن: $[Cr^{3+}] = \frac{c_1}{3} - \frac{2[H_2C_2O_4]}{3}$.

2– البيان يمثل تغيرات التركيز المولي لحمض الاوكساليك بدلالة الزمن :



أ– عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

ب–بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل في أي لحظة تكتب بالعلاقة $v = -\frac{1}{3} \times \frac{d[H_2C_2O_4]}{dt}$.

ج– احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين: $t = 4min$ و $t = 12min$ ، كيف تتطور السرعة مع الزمن ؟ فسر مجهريا ذلك.

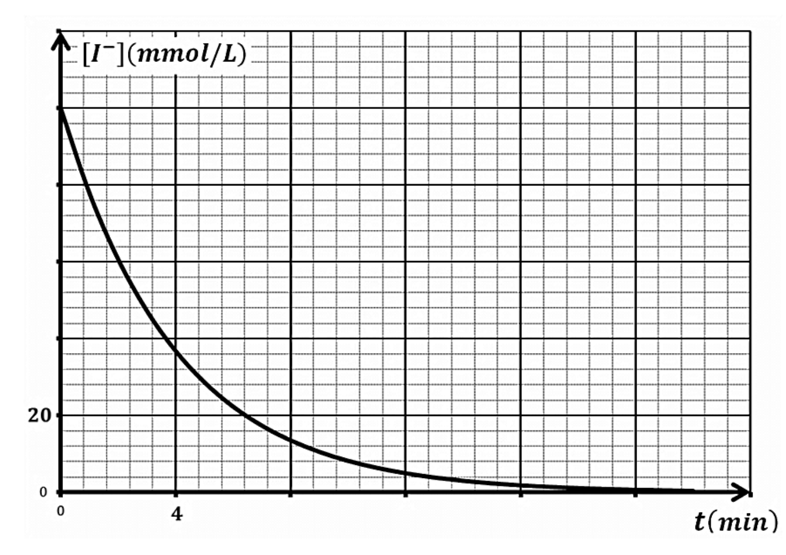
د– استنتج سرعتي تشكل CO_2 عند نفس اللحظتين.

3– عرف زمن نصف التفاعل ثم احسبه.

التمرين 6:

نضع في بيشر حجما $V_1 = 50ml$ من ماء الجافيل الذي يحتوي على شوارد الهيبوكلوريت ClO^- تركيزها المولي $C_1 = 0.56\,mol/l$ ونضيف اليه حجما $V_2 = 50ml$ من محلول $(K^+ + I^-)$ يود البوتاسيوم تركيزه $C_2 = 0.20\,mol/l$ مع قطرات من حمض . تعطى المعادلة المنمذجة للتفاعل الحادث:

. $ClO^-{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} = Cl^-{}_{(aq)} + I_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$



1- ما هي الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل .

2- هل المزيج ستوكيومتري ؟

3- احسب التراكيز الابتدائية $[ClO^-]_0$ و $[I^-]_0$ في المزيج التفاعلي.

4- انجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث .

5- حدد التقدم الاعظمي والمتفاعل المحد.

6- بالاستعانة بجدول التقدم بين أن : $[I^-] = \frac{C_2}{2} - 2[I_2]$ و $[ClO^-] = \frac{C_1}{2} - [I_2]$.

7- لمتابعة هذا التفاعل البطيء والتام نأخذ عند لحظات زمنية مختلفة بواسطة ماصة $V = 10ml$ من المزيج نسكبه في بيشر ونظيف اليه الماء والجليد ، نعاير محتوى البيشر بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3{}^{2-})$ تركيزه $C_0 = 0.04\,mol/l$ النتائج أعطت المنحنى المقابل. الثنائيات الداخلة في تفاعل المعايرة هي :

. $S_4O_6{}^{2-}/S_2O_3{}^{2-}$ ، I_2/I^-

أ- اكتب معادلة تفاعل المعايرة وأعط خصائصه.

ب-لماذا نظيف الماء البارد والجليد؟

ج- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_2]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز c المولي لتيوكبريتات الصوديوم .

- ما هو الحجم V_E اللازم اضافته عند $t = 4min$.

ه- جد التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t = 4min$.

و- عرف زمن نصف التفاعل ثم احسب قيمته.

8- احسب سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0$.

التمرين7 : باكالوريا علوم تجريبية 2015

عند اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 50ml$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ المحمض تركيزه المولي $c_1 = 0.2\,mol/L$ و حجما $V_2 = 50ml$ من محلول لحمض الاوكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه المولي $c_2 = 0.6\,mol/L$.

تعطى الثنائيات الداخلة في التفاعل: $CO_2 / H_2C_2O_4$ ، MnO_4^- / Mn^{+2} .

1- أعط تعريف كلا من المؤكسد والمرجع .

2- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع واستنتج معادلة تفاعل الاكسدة الارجاعية .

3- أنشئ جدول تقدم التفاعل .

4- هل المزيج الابتدائي في الشروط الستوكيومترية للتفاعل؟

5- لمتابعة تطور التفاعل نسجل خلال كل دقيقة التركيز المولي لشوارد البرمنغنات MnO_4^- في الجدول التالي:

$t\ (min)$	0	1	2	3	4	5	6	7
$[MnO_4^-](\times 10^{-3} mol.L^{-1})$	100	98	92	60	30	12	5	3

أ- احسب التركيز المولي الابتدائي لــ MnO_4^- و $H_2C_2O_4$ في المزيج .

ب-بين ان التركيز المولي $[Mn^{+2}]$ عند اللحظة t يعطى بالعلاقة التالية : $[Mn^{+2}](t) = \frac{c_1}{2} - [MnO_4^-](t)$.

ج- ارسم منحنى تغيرات $[MnO_4^-]$ بدلالة الزمن على ورقة مليمترية .

د- أوجد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[MnO_4^-]$ ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 2min$.

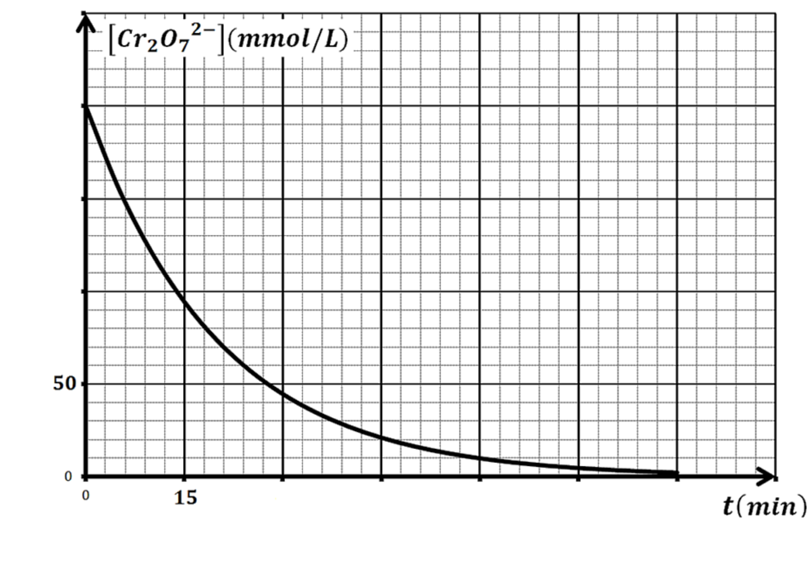
التمرين8:

إن تفاعل كحول الايثانول $C_2H_6O_{(l)}$ مع شوارد ثاني كرومات $Cr_2O_7^{2-}$ بوجود حمض الكبريت المركز تفاعل بطيء و تام.

في اللحظة $t = 0$ ، نمزج حجما $V_1 = 3,4ml$ من كحول الايثانول (كتلته الحجمية $\rho = 0.8g/ml$ و كتلته المولية الجزيئية $M = 46g/mol$) مع حجم $V_2 = 100ml$ من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 0,2mol/l$ ، المحمض بحمض الكبريت الموجود بالزيادة. مكنتنا طريقة فيزيائية تدعى القياس اللوني بمتابعة تطور التركيز $[Cr_2O_7{}^{2-}]$ لشوارد ثاني كرومات في المزيج ، خلال أزمنة معينة فتحصلنا على البيان التالي:

نعتبر حجم المزيج التفاعلي: $V_T \approx 100ml$

1- اكتب معادلة التفاعل الحادث علما أن الثنائيتان الداخلتان في التفاعل هما: $(Cr_2O_7{}^{2-}/Cr^{3+})$ و $(C_2H_4O_2/C_2H_6O)$.



2- أحسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.

- هل المزيج الابتدائي ستوكيومتري ؟

3- أنجز جدولا لتقدم التفاعل. ثم أحسب التقدم الأعظمي.

4- بين أن عدد مولات Cr^{3+} خلال التفاعل يكتب بالعبارة : $n_{Cr^{3+}} = 2V_T(C_2 - [Cr_2O_7{}^{2-}])$.

3- عرف زمن نصف التفاعل و حدد قيمته بيانيا.

4- احسب v السرعة الحجمية لاختفاء شوارد $Cr_2O_7{}^{2-}$ ، عند اللحظة $t = 15min$.

5- بين ان سرعة تشكل Cr^{3+} تعطى بالعبارة : $v_{Cr^{3+}} = 2 \times V_T \times v$ ثم احسبها عند نفس اللحظة.

6- حدد زمن نصف التفاعل وبين أهميته.

7- جد تراكيز الافراد المتواجدة في المحلول عند اللحظة $t = 30min$.

التمرين 9 :

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول لبرمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ والكحول المثيلي CH_4O في درجة حرارة ثابتة . من أجل ذلك مزجنا حجما $V_1 = 100ml$ من برمنغنات البوتاسيوم تركيزه $C_1 = 0.2mol/l$ المحمض بحمض الكبريت المركز الموجود بزيادة مع حجم قدره $V = 2ml$ من الميثانول النقي كتلته الحجمية $\rho = 0.32g/ml$. نعتبر ان حجم المزيج التفاعلي هو $V_1 = 100ml$ وذلك بإهمال حجم الميثانول المضاف.

1- أكتب المعادلتين النصفيتين الموافقتين للثنائيتين: MnO_4^-/Mn^{2+} ، CH_2O_2/CH_4O ومعادلة الاكسدة الارجاعية.

2- انجز جدول التقدم لهذا التفاعل. ثم احسب التقدم الاعظمي وعين المتفاعل المحد.

3- بين أن تركيز $[CH_4O]$ يعطى بالعبارة : $[CH_4O] = \frac{\rho V}{MV_1} - \frac{5n_{(Mn^{2+})}}{4V_1}$.

4- تتبعنا تطورات كمية مادة Mn^{2+} المتبقية في لحظات زمنية مختلفة فتحصلنا على النتائج التالية :

$t\ (s)$	0	5	10	15	25	30	40	50	60
$n_{(Mn^{2+})}\ (mmol)$	0	4	6	8.5	11	12	14	15	16

أ- أرسم البيان الممثل لتغيرات $n_{(Mn^{2+})}$ بدلالة الزمن.

ب-عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وعينه .

ج- احسب v سرعة اختفاء شوارد Mn^{2+} عند اللحظتين $t = 10s$ و $t = 30s$. ماذا تلاحظ ؟ وبما تفسر ذلك

د- اثبت أن v_{vol} عبارة السرعة الحجمية لاختفاء CH_4O تعطى بالعبارة: $v_{vol} = \frac{5v}{4V_1}$ ثم استنتج قيمتها عند نفس اللحظتين .

يعطى : $H = 1g/mol$ ، $C = 12g/mol$ ، $O = 16g/mol$

التمرين10: باك تقني رياضي 2008

ندرس تفكك الماء الاكسجيني H_2O_2 عند الدرجة $\theta = 12°C$ ، وفي وجود وسيط مناسب . ننمذج التحول الحاصل بالمعادلة التالية:

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتا خلال مدة التحول، وأن الحجم المولي في شروط التجربة $V_M = 24l/mol$.

نأخذ في اللحظة $t = 0$ حجما $V_S = 500ml$ من الماء الاكسجيني تركيزه المولي الابتدائي $[H_2O_2]_0 = 0.08\ mol/l$ ، نتابع تطور حجم غاز O_2 المنطلق تحت ضغط ثابت فنتحصل على الجدول التالي :

$t\ (min)$	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$V_{O_2}\ (ml)$	0	60	114	162	204	234	253	276	288	294	300
$[H_2O_2](mol/l)$											

1- انشئ جدولا لقدم التفاعل .

2- اكتب عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الاكسجيني في اللحظة t بدلالة $[H_2O_2]_0$ ، V_{O_2}، V_S و V_M .

3- أ- اكمل الجدول .

ب – ارسم المنحنى $[H_2O_2] = (t)$ باستعمال سلم رسم مناسب.

جـ – أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل .

د – احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t = 16min$ و $t = 24min$. واستنتج كيف تتغير السرعة مع الزمن .

ه – عين زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$ بيانيا .

4- اذا اجريت التجربة في درجة حرارة $\theta` = 35°C$. ارسم كيفيا شكل تغير منحنى $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن على البيان السابق مع التبرير.

التمرين11:

أراد أحد التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث بين محلول حمض كلور الهيدروجين$(H^+ + Cl^-)$ و الزنك ، الذي ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته :

$$Zn_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} = Zn^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

في اللحظة $t = 0$ وضع كتلة $m = 1g$ من مسحوق الزنك في دورق زجاجي يحتوي على $V = 40\ ml$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C = 0.05mol/l$ ، لمتابعة تطور التفاعل الكيميائي الحادث قام بقياس حجم غاز الهيدروجين V_{H_2} المنطلق، حيث الحجم المولي $V_M = 25\ l/mol$ في الشروط التجريبية ، فتحصل على النتائج التالية :

$t\ (min)$	0	1	2	3	4	5
$V_{H_2}\ (ml)$	0	6.3	9.9	12	13.5	14.2

1- اذكر طريقة اخرى تمكننا من متابعة هذا التفاعل مع التعليل.

2- احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات.

3- انجز جدولا لتقدم هذا التفاعل ثم عين التقدم الاعظمي والمتفاعل المحد.

4- عبر عن تركيز $[H^+]$ بدلالة C، V_{H_2}، V_M و V .

5- ارسم المنحنى $[H^+] = f(t)$ المعبر تغير تركيز H^+ بدلالة الزمن.

6- هل يمكن اعتبار ان التفاعل قد انتهى في اللحظة $t = 5min$ ؟

- احسب تركيز الشوارد المتواجدة في المزيج عند $t = 5min$.

7- أ- عرف السرعة الحجمية لاختفاء H^+ ثم احسب قيمتها في اللحظتين $t = 0$ و $t = 4min$.

ب- كيف تتغير هذه السرعة مع الزمن ؟ ما هو العامل الحركي المسؤول عن ذلك ؟

8- عرف زمن نصف التفاعل ثم عين قيمته . $M(Zn) = 65.4\, g/mol$

التمرين 12: باك علوم تجريبية 2014

لدراسة حركية التفاعل التام والبطيء بين الماء الاكسجيني $H_2O_{2(aq)}$ ومحلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ في وسط حمضي والمنمذج بالمعادلة : $H_2O_{2(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = 4H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$.

مزجنا في بيشر عند اللحظة $t = 0s$ ودرجة الحرارة $25°C$ ، حجما $V_1 = 100ml$ من محلول الماء الاكسيجيني تركيزه المولي $c_1 = 4.5 \times 10^{-2}\, mol/l$ مع حجم $V_2 = 100ml$ من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي : $c_2 = 6 \times 10^{-2}\, mol/l$ وبضع قطرات من محلول حمض الكبريت المركز $\left(2H_3O^+{}_{(aq)} + SO_4{}^-{}_{(aq)}\right)$.

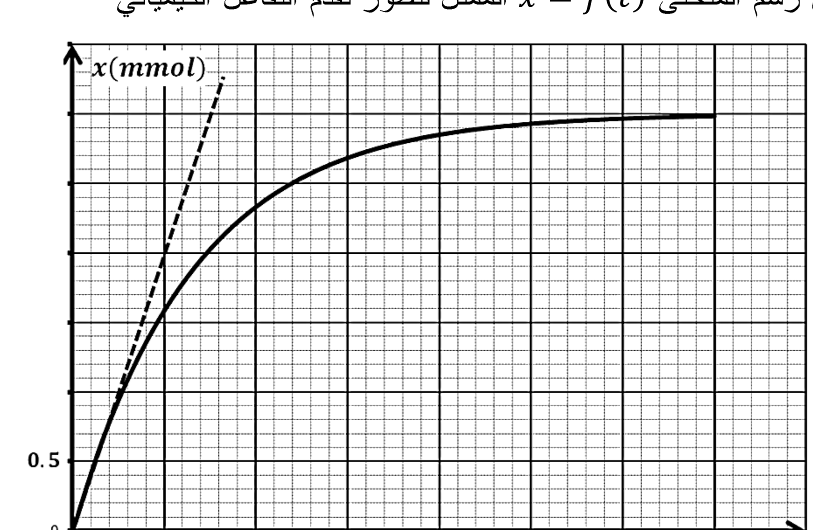
i. 1- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع .

2- احسب كميتي المادة $n_0(H_2O_2)$ للماء الاكسجيني و $n_0(I^-)$ لشوراد اليود في المزيج الابتدائي.

معادلة التفاعل		$H_2O_{2(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = 4H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$				
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ mol				
الابتدائية	0			بوفرة	بوفرة	
الانتقالية	x			بوفرة	بوفرة	
النهائية	x_f			بوفرة	بوفرة	3×10^{-3}

3- أعد كتابة جدول التقدم للتفاعل وأكمله ثم استنتج المتفاعل المحد .

ii. لتحديد كمية ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكلة عند لحظات زمنية مختلفة t ، نأخذ في كل مرة نفس الحجم من المزيج التفاعلي ونضع فيه ماء وجليد وبضع قطرات من صمغ النشاء ونعايره بمحلول لثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+{}_{(aq)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}\right)$ معلوم التركيز معالجة النتائج المتحصل عليها مكننا من رسم المنحنى $x = f(t)$ الممثل لتطور تقدم التفاعل الكيميائي المدروس في المزيج الاصلي بدلالة الزمن :



1- أ- ما الهدف من اضافة الماء البارد والجليد؟

ب- ضع رسما تخطيطيا للتجهيز التجريبي المستخدم في عملية المعايرة.

2- أ- عرف واكتب عبارة السرعة الحجمية للتفاعل

ب- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند: $t_0 = 0$ و $t_1 = 9min$

ج- عبر عن سرعة اختفاء شوارد I^- بدلالة السرعة الحجمية للتفاعل واحسب قيمتها في اللحظة t_1 .

التمرين13:

قارورة من الماء الاكسجيني كتب عليها 20 (وتعني أن كل $V = 1L$ من الماء الاكسجيني يحرر $20L$ من غاز الاكسجين في الشروط النظامية، $V_M = 22.4\,L/mol$) نأخذ حجما $V_1 = 2mL$ من قارورة الماء الاكسجيني H_2O_2 ونمزجها مع حجم$V_2 = 200mL$ من يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي c_2 مع قطرات من حمض الكبريت المركز. نعتبر حجم المزيج التفاعلي $V_T = 200mL$.

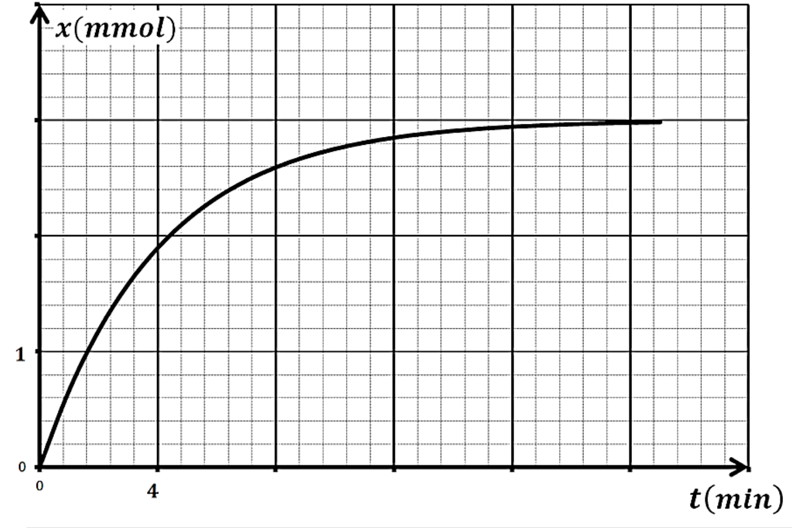
علما ان معادلة التفكك الذاتي للماء الاكسجيني هي: $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

1- بين أن التركيز المولي للماء الاكسجيني في القارورة يعطى بالعلاقة: $c_1 = \frac{2V_{O_2}}{V \times V_M}$ ثم احسب قيمته.

2- اكتب معادلة الاكسدة - ارجاع للتفاعل التام الحادث بين شوارد اليود والماء الاكسجيني ، علما أن الثنائيات الداخلة في التفاعل هي:(I_2/I^-) و(H_2O/H_2O_2) .

3- أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث بين الماء الاكسجيني وشوارد اليود.

4- المتابعة الزمنية للتحول الحادث بين الماء الاكسجيني وشوراد اليود مكنت من رسم المنحنى الشكل الممثل لتغيرات تقدم التفاعل بدلالة الزمن:



أ- استخرج من البيان قيمة التقدم الاعظمي x_{max}

- عين المتفاعل المحد ثم استنتج قيمة c_2 .

ب- حدد زمن نصف التفاعل وبين أهميته.

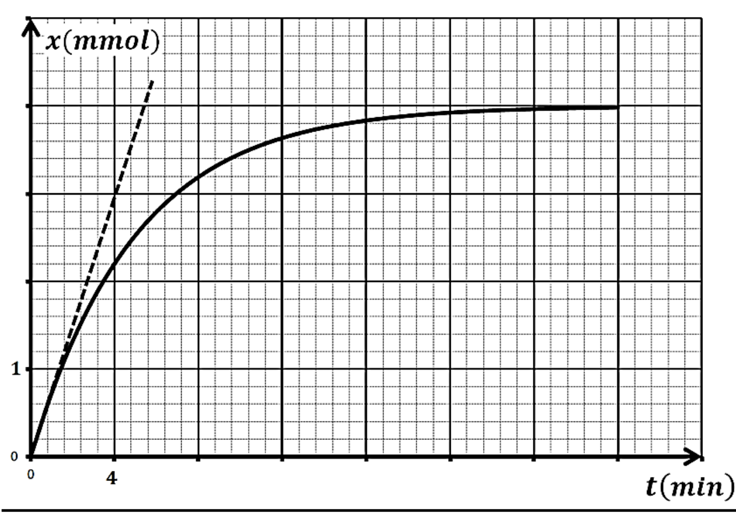
جـ - احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 10min$.

د- استنتج السرعة الحجمية لاختفاء I^- عند نفس اللحظة.

التمرين14: بكالوريا تونس شعبة علوم 2016- بتصرف

ان اكسدة شوارد اليود I^- بواسطة الماء الاكسجيني H_2O_2 في وسط حمضي هو تفاعل بطيء وتام ، ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بالمعادلة التالية: $H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

عند اللحظة $t = 0$ ، نضع في بيشر مزيج يتكون من محلول (S_1) حجمه $V_1 = 100mL$ من الماء الاكسيجيني H_2O_2 تركيزه المولي C_1 ومحلول(S_2) ليود البواتسيوم KI حجمه$V_2 = 100mL$ وتركيزه المولي $C_2 = 0.1mol/L$ مع اضافة قطرات من حمض الكبريت المركز نعتبر حجمها مهمل. المتابعة الزمنية لهذا التفاعل مكنت من الحصول على البيان المعطى في الشكل ، والذي يمثل تغيرات التقدم x بدلالة الزمن $x = f(t)$.



1- نرمز للتراكيز الابتدائية لـــ I^- و H_2O_2 في المزيج التفاعلي بـــ $[I^-]_0$ و $[H_2O_2]_0$ على الترتيب .

أ- احسب التركيز الابتدائي $[I^-]_0$ في المزيج التفاعلي .

ب- اكتب عبارة $[H_2O_2]_0$ بدلالة C_1 ، V_1 وV_2.

ج- اكتب جدول تقدم التفاعل الحادث بين شوارد اليود والماء الاكسجيني.

2- أ- بالاستعانة بالمنحنى البياني استنتج التراكيز النهائية $[I_2]_f$ و $[I^-]_f$

ب – استنتج أن H_2O_2 هو المتفاعل المحد .

ج – استنتج قيمة التركيز C_1 .

3- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$

4- نعيد التفاعل السابق لكن نستعمل محلول من الماء الاكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C'_1 = 0.05mol/L$.

أ- هل تتغير قيمة التقدم النهائي x_f للتفاعل؟ اذا كان الجواب بنعم احسب قيمته الجديدة .

ب- هل تتغير قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 0$ بالزيادة او النقصان ؟

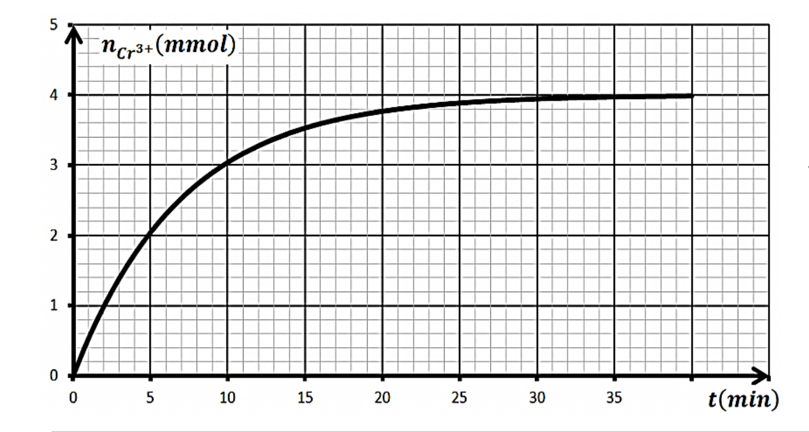
التمرين 15: باك علوم تجريبية 2011

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ ومحلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$. نمزج في اللحظة $t = 0$ حجما $V_1 = 40ml$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم$(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي$c_1 = 0.2\, mol/l$ مع حجم $V_2 = 60ml$ من محلول حمص الأكساليك تركيزه المولي مجهولc_2 .

1. إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما: $CO_2/H_2C_2O_4$ و $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$.

أ- اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذجة للتحول الكيميائي الحادث.

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.



2. يمثل (الشكل-1-) المنحنى البياني لتطور كمية مادة Cr^{3+} بدلالة الزمن، أوجد من البيان:

أ- سرعة تشكل شواردCr^{3+} في اللحظة $t = 20min$.

ب- التقدم النهائي للتفاعلx_f.

جـ- زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$.

3. أ- باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد.

ب – اوجد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكسليك c_2.

التمرين 16:

أ- نضع في بيشر حجما $V_1 = 50ml$ من ماء الجافيل الذي يحتوي على شوارد الهيبوكلوريت ClO^- تركيزها المولي C_1 ونضيف اليه حجما $V_2 = 50ml$ من محلول يود البوتاسيومKI تركيزه المولي C_2 مع قطرات من حمض الذي نعتبره بوفرة، نسمي المزيج التفاعلي بالمحلول (S). تعطى المعادلة المنمذجة للتفاعل الحادث:

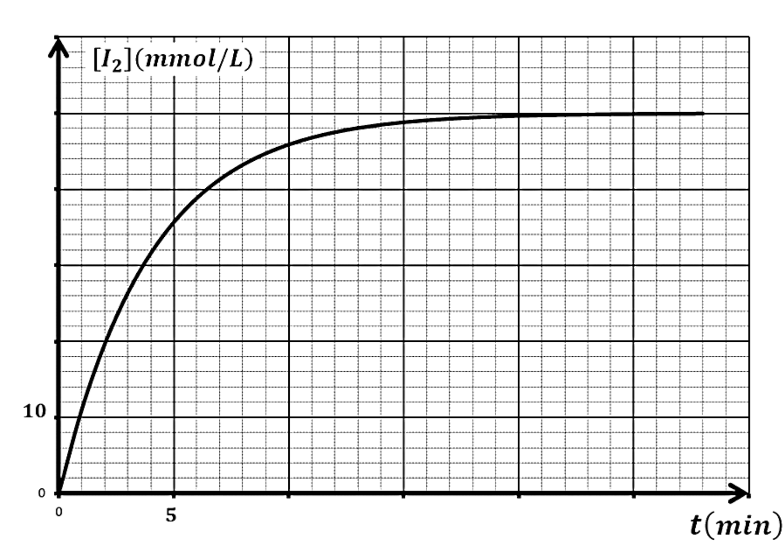
$$ClO^-_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} = Cl^-_{(aq)} + I_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1- بين ان التفاعل الحادث هو تفاعل اكسدة – ارجاع .

2- انجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث.

ب- لمتابعة هذا التفاعل البطيء والتام، نأخذ عند لحظات زمنية مختلفة بواسطة ماصة $V = 10ml$ من المزيج التفاعلي(S) نسكبه في بيشر ونظيف اليه الماء والجليد ، نعاير محتوى البيشر بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3{}^{2-})$ تركيزه المولي $C_0 = 0.04\, mol/l$. الثنائيات الداخلة في تفاعل المعايرة هي :

$$S_4O_6{}^{2-}/S_2O_3{}^{2-} \text{ ، } I_2/I^-$$



1- اكتب معادلة تفاعل المعايرة وأعط خصائصه.

2- عرف التكافؤ ، ثم جد العبارة الحرفية الموافقة للتركيز المولي لثنائي اليود $[I_2]$ بدلالة الحجم V والحجم V_E والتركيز المولي C_0 .

3- العلاقة السابقة مكنت من رسم المنحنى في الشكل الممثل لتغيرات تركيز ثنائي اليود بدلالة الزمن .

أ- احسب كلا من C_2 و C_1 علما أن المزيج ستوكيومتري .

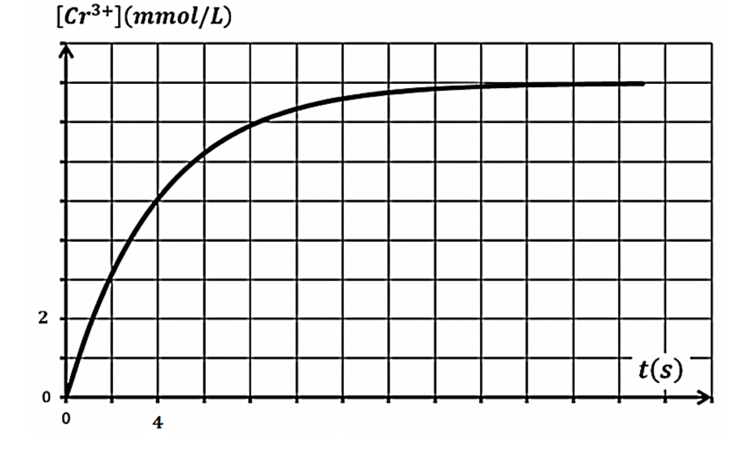
جـ - احسب السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود I_2 عند $t = 5min$.

د - استنتج سرعة اختفاء شوارد اليود I^- في نفس اللحظتين السابقتين.

التمرين 17: باكالوريا علوم تجريبية 2012

لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الاوكساليك $H_2C_2O_4$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ بدلالة الزمن ، حضرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم $V_1 = 100ml$ من محلول حمض الأوكساليك الذي تركيزه المولي : $c_1 = 3 \times 10^{-2}\, mol/l$ وحجم $V_2 = 100ml$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي تركيزه: $c_2 = 0.8 \times 10^{-2}\, mol/l$ وبضع من قطرات حمض الكبريت المركز . نتابع تطور المزيج التفاعلي من خلال معايرة شوارد الكروم $Cr^{3+}{}_{(aq)}$ المتشكلة بدلالة الزمن فنحصل على المنحنى البياني كما في الشكل الذي يمثل تطور التركيز المولي لشوارد الكروم بدلالة الزمن

الحالة	$3H_2C_2O_4\,_{(aq)}$ +	$Cr_2O_7^{2-}\,_{(aq)}$ +	$8\,H^+{}_{(aq)}$ =	$2Cr^{3+}{}_{(aq)}$ +	$6CO_{2(aq)}$ +	$7H_2O_{(l)}$
	كمية المادة $mmol$					
الابتدائية			بوفرة			بوفرة
الانتقالية			بوفرة			بوفرة
النهائية			بوفرة			بوفرة



1- كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه ؟

2- اعتمادا على المعطيات والمنحنى البياني اكمل جدول التقدم المميز لهذا التفاعل. هل التفاعل تام او غير تام ؟ لماذا ؟

3- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم قدر قيمته بيانيا.

4- أ- عرف السرعة الحجمية v للتفاعل ، ثم عبر عنها بدلالة التركيز المولي لشوارد الكروم $[Cr^{3+}]$.

ب- احسب السرعة الحجمية في اللحظتين $t = 0s$ و $t = 8s$.

ج- فسر على المستوى المجهري تناقص هذه السرعة مع مرور الزمن .

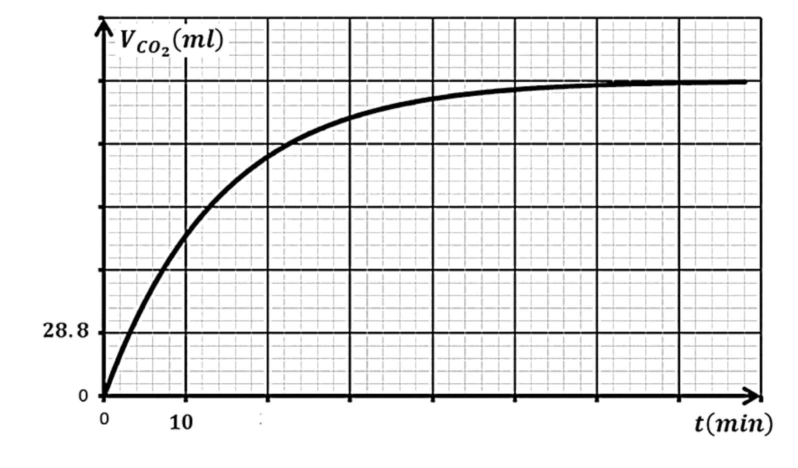
التمرين18:

نسكب حجم $V_1 = 50ml$ من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه $c_1 = 0.04\, mol/l$ في بيشر يحتوي على $V_2 = 30ml$ من محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ تركيزه المولي c_2.

تعطى: الثنائيات (ox/red) المشاركة في التفاعل: $(Cr_2O_7{}^{2-}/Cr^{3+})$ و $(CO_2/H_2C_2O_4)$.

1- علما أن هذا التحول تام ، أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة و الإرجاع ثم معادلة الأكسدة الارجاعية .

2- أنجز جدولا لتقدم التفاعل .



3- المتابعة الزمنية لهذا التفاعل مكنت من الحصول على تغيرات حجم V_{CO_2} المنطلق بدلالة الزمن . إعتمادا على البيان أوجد ما يلي :

أ- التقدم الأعظمي x_{max} والمتفاعل المحد .

ب- زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$.

جـ - التركيز المولي c_2 .

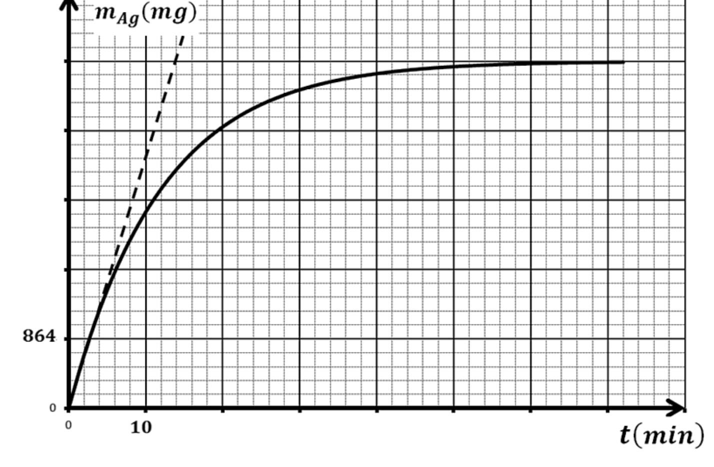
4- بين أن السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالعبارة : $v = \frac{1}{6.V.V_M} \times \frac{dV_{CO_2}}{dt}$ ، حيث V حجم المزيج التفاعلي.

5- أحسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين: $t = 0min$ ، $t = 25min$.

6- استنتج سرعة اختفاء حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ عند نفس اللحظتين السابقتين. $V_M = 24\,L/mol$

التمرين 19: باك 2016 علوم

لدراسة حركية تحول كيميائي تام ، غمرنا في لحظة $t = 0$ صفيحة من النحاس كتلتها $m = 3.175g$ في حجم قدره $V = 200mL$ من محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ تركيزه المولي C_0 . سمحت لنا متابعة تطور هذا التحول من رسم البيان الممثل في الشكل -1 الذي يعبر عن تغيرات كتلة الفضة المتشكلة بدلالة الزمن $m_{Ag} = f(t)$. معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول هي: $Cu_{(s)} + 2Ag^+{}_{(aq)} = Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$



1- هل التحول الحادث سريع أم بطيء ؟ برر اجابتك.

2- حدد الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل واكتب عندئذ المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع.

3- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واحسب قيمة التقدم الاعظمي x_{max}

4- احسب C_0 التركيز المولي الابتدائي لمحلول نترات الفضة .

5- جد التركيب المولي (حصيلة المادة) في الحالة النهائية .

6- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وحدد قيمته بيانيا .

7- أ- بين ان السرعة اللحظية لتشكل الفضة تعطى بالعبارة : $v_{Ag}(t) = \frac{1}{M_{Ag}} \times \frac{dm_{Ag}(t)}{dt}$ حيث M_{Ag} الكتلة المولية للفضة .

ب - احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

معطيات: $M_{Ag} = 108\ g.mol^{-1}$ ، $M_{Cu} = 63.5\ g.mol^{-1}$

التمرين20:

لدراسة تطور التفاعل الحادث بين محلول حمض الأوكساليك $H_2C_2O_4\,_{(aq)}$ ومحلول بيكرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ بدلالة الزمن ، حضرنا مزيجا تفاعليا يحتوي على حجم $V_1 = 100ml$ من محلول حمض الأوكساليك الذي تركيزه المولي c_1 وحجم $V_2 = 100ml$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم الذي تركيزه المولي c_2 وبضع

من قطرات حمض الكبريت المركز . لمتابعة تطور المزيج التفاعلي نأخذ في كل مرة حجما $V_0 = 20ml$ من المزيج التفاعلي ونعاير $H_2C_2O_4\,_{(aq)}$ المتبقية خلال الزمن، فنحصل على المنحنى البياني كما في الشكل ، الذي يمثل تطور كمية مادة حمض الأوكساليك في الحجم V_0 بدلالة الزمن:





1- كيف نصنف هذا التفاعل من حيث مدة استغراقه ؟

2- ما هي الوسيلة المستعملة لأخذ $20ml$ من المزيج التفاعلي؟

3- اكتب معادلة التفاعل الحادث علما ان الثنائيات الداخلة في التفاعل:

$Cr_2O_7{}^{2-}/Cr^{3+}$ و $CO_2 / H_2C_2O_4$.

4- ما هو المتفاعل المحد علما ان التفاعل تام .

5- باستغلال البيان استنتج $n_0(H_2C_2O_4)$ في المزيج التفاعلي.

6- بالاستعانة بجدول التقدم والمنحنى البياني استنتج :

أ. التقدم الاعظمي x_{max} .

ب. c_2 تركيز بيكرومات البوتاسيوم.

ج. c_1 تركيز حمض الأوكساليك .

7- بين أنه عند زمن نصف التفاعل $t = t_{1/2}$ ، فإن: $n_{1/2} = \frac{n_0+n_f}{2}$ حيث n_f عدد مولات حمض الاوكساليك النهائية و n_0 عدد مولات حمض الأكساليك الابتدائية. ثم عين $t_{1/2}$.

8- أ- عرف السرعة الحجمية v للتفاعل ثم احسبها عند $t = 8s$.

ب- كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن؟ بين ذلك بيانيا .

التمرين21:　　　　باك 2016 رياضيات

نريد اجراء متابعة زمنية لتحول كيميائي ين الالمنيوم Al ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ الذي ينمذج بتفاعل كيميائي تام معادلته :

$$2Al_{(s)} + 6H_3O^+{}_{(aq)} = 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

نضع في حوجلة قطعة من الالمنيوم Al كتلتها m_0 مملغمة ثم نظيف إليها في اللحظة $t = 0$ الحجم $V = 100mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي C . لمتابعة تطور التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة ثابتة وضغط ثابت ، نسجل في كل لحظة t حجم غاز الهيدروجين المنطلق ، ثم نستنتج كتلة الالمنيوم المتبقية ، ندون النتائج في الجدول التالي:

$t(min)$	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
$m(g)$	4.05	2.84	2.27	1.94	1.78	1.70	1.64	1.62	1.62

1- بين أن m كتلة الالومنيوم المتبقية تعطى بالعلاقة التالية: $m = m_0 - \frac{2M \times V_{H_2}}{3V_M}$.(سؤال اضافي لم يرد في البكالوريا)

2- أ- أرسم على ورق مليمتري منحنى تغيرات الكتلة $m(t)$ للألمنيوم المتبقي بدلالة الزمن باعتماد السلم:

$$1cm \to 1\,min \quad ; \quad 1cm \to 0.5g$$

ب - حدد المتفاعل المحد .

3- أ- أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث .

ب - احسب كميات المادة الابتدائية $n_0(Al)$ و $n_0(H_3O^+)$ للمتفاعلات ثم استنتج التركيز المولي C لمحلول حمض كلور الماء.

4- بين ان كتلة الألمنيوم المتبقية عند اللحظة $t = t_{1/2}$ (زمن نصف التفاعل) تعطى بالعبارة : $m_{1/2} = \frac{m_0+m_f}{2}$ ، حيث m_f هي كتلة الالمنيوم في الحالة النهائية ، استنتج بيانيا $t_{1/2}$.

5- بين ان السرعة الحجمية للتفاعل تعطى بـــ : $v_V = -\frac{1}{2.V.M} \times \frac{dm}{dt}$. احسب قيمتها عند $t = 3min$.

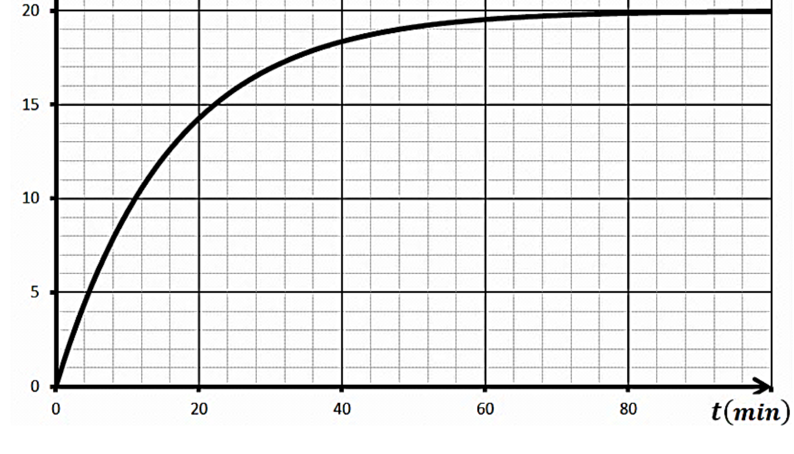
الكتلة المولية للألومنيوم $M = 27\ g/mol$

التمرين22:

ان اكسدة شوارد اليود I^- بواسطة البيروكسوديسولفات $S_2O_8{}^{2-}$ هو تفاعل بطيء وتام معادلته من الشكل:

$$2I^-{}_{(aq)} + S_2O_8{}^{2-}{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

في اللحظة $t = 0$ ندخل $V_1 = 20mL$ من محلول بيروكسوديسولفات ذي التركيز المولي c_1 في بيشر سعته $250mL$ ونظيف اليه $V_2 = 80mL$ من محلول يود البوتاسيوم ذو التركيز المولي $c_2 = 0.2\ mol/L$ مع الرج ، نقسم هذا المزيج على 20 انبوب اختبار كل انبوب يحتوي على $5mL$ من المحلول الاصلي . في كل لحظة مختارة نأخذ انبوب ونسكبه في بيشر سعته $150mL$ مع اضافة ماء وقطع جليد وبعض القطرات من صمغ النشاء او التيودان حتى يصبح لون المحلول ازرق. نعاير I_2 ثنائي اليود المتشكل بمحلول لتيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+{}_{(aq)} + S_2O_3{}^{2-}{}_{(aq)}\right)$ ذي التركيز المولي $c_0 = 0.025\ mol/L$ ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_E . فنتحصل على البيان التالي:



1- أ- اكتب المعادلات النصفية للتفاعل.

ب-انجز جدولا لتقدم هذا التفاعل.

جـــ - لماذا يجب اضافة الماء والجليد قبل المعايرة ؟

2- الثنائيات الداخلة في تفاعل المعايرة هي:

I_2/I^- ، $S_4O_6^{2-}/S_2O_3{}^{2-}$

أ- اعط رسم للبروتوكول التجريبي لتفاعل المعايرة.

ب-اكتب معادلة تفاعل المعايرة وما هي مميزاته؟

3- أثبت أن x يعطى بالعلاقة: $x = 10c_0V_E$

4- استنتج c_1 تركيز محلول بيروكسوديسولفات $S_2O_8{}^{2-}$.

5- أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل واكتب عبارتها بدلالة c_0 ، V_E و V حجم المزيج التفاعلي.

ب-احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t = 20$ و $t = 40$ ، فسر مجهريا هذا التغير .

6- عرف زمن نصف التفاعل وعين قيمته .

التمرين 23 : باك تقني رياضي 2013

كتب على قارورة ماء جافيل المعلومات التالية :

أ- يحفظ في مكان بارد معزول عن الاشعة الضوئية .

ب- لا يمزج مع منتوجات اخرى.

ج- بملامسته لمحلول حمضي ينتج غاز سام.

ان ماء الجافيل منتوج شائع ، يستعمل في التنظيف والتطهير . نحصل عليه من تفاعل غاز ثنائي الكلور Cl_2 مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ ينمذج هذا التحول بالمعادلة (1) :

$$Cl_{2(g)} + 2HO^-{}_{(aq)} = ClO^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

- يتفكك ماء الجافيل ببطء في الشروط العادية وفق المعادلة (2) $2ClO^-{}_{(aq)} = 2\ Cl^-{}_{(aq)} + O_{2(g)}$
- أما في الوسط الحمضي ينمذج التفاعل وفق المعادلة (3) :

$$ClO^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

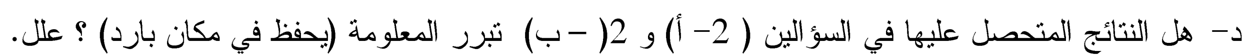
1- أنجز جدول التقدم للتفاعل (2) .

2- اعتمادا على البيانين المعبرين عن تغيرات تركيز شوارد ClO^- في التفاعل (2) بدلالة الزمن :

أ- استنتج تركيز شوارد ClO^- في اللحظة $t = 8s$ من أجل درجتي الحرارة $\theta = 40°C$; $\theta = 30°C$.

ب- عرف السرعة الحجمية للتفاعل وبين أن عبارتها تكتب من الشكل : $v_{vol} = -\frac{1}{2} \times \frac{d[ClO^-]}{dt}$.

ج- احسب قيمة السرعة الحجمية في اللحظة $t = 0$ من أجل درجتي الحرارة $\theta = 40°C$; $\theta = 30°C$.



د- هل النتائج المتحصل عليها في السؤالين (2- أ) و 2(- ب) تبرر المعلومة (يحفظ في مكان بارد) ؟ علل.

3- عرف زمن نصف التفاعل ، ثم جد قيمته انطلاقا من المنحنى (2) علما أن التفكك تام .

4- أعط رمز واسم الغاز السام المشار اليه.

التمرين 24: باك علوم تجريبية 2010

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود I_2 تركيزه المولي C_0. نضيف إليها قطعة من الزنك $Zn_{(S)}$ فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف.

1. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما: I_2/I^- ، Zn^{2+}/Zn.
2. **التجربة الأولى:** عند درجة الحرارة 20°C نضيف إلى حجم $V = 50ml$ من المنظف قطعة من Zn ، ونتابع عن طريق المعايرة تغيرات $[I_2]$ بدلالة الزمن t فنحصل على البيان $[I_2] = f(t)$ في الشكل.

أ- اقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي.

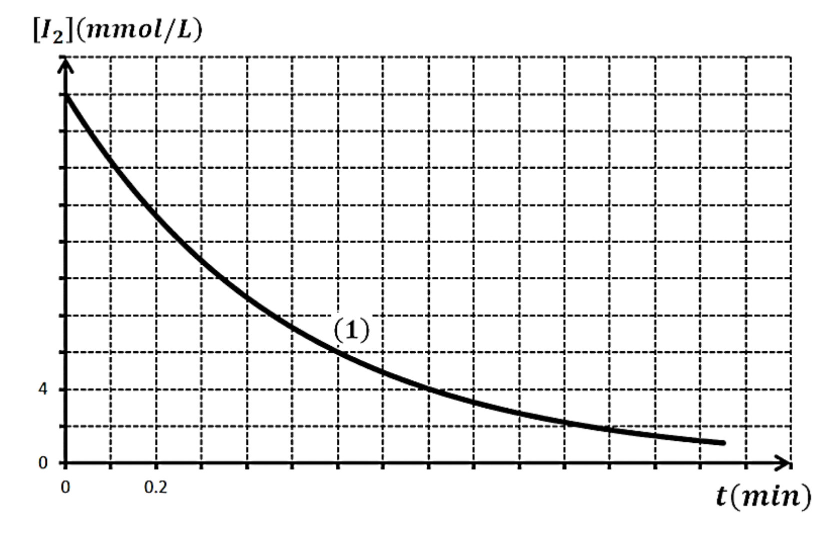
ب- عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا.

جـ- كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن؟ فسر ذلك.

3. **التجربة الثانية:** نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة 20°C، نضعها في حوجلة عيارية سعتها $100ml$ ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك.

- توقع شكل البيان (2): $[I_2] = (t)$ وارسمه كيفيا، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى. علل.

4. **التجربة الثالثة:** نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة، نرفع درجة الحرارة إلى 80°C ، توقع شكل البيان (3): $[I_2] = h(t)$ وارسمه كيفيا، في نفس المعلم السابق.
5. ما هي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب؟ ماذا تستنتج؟



التمرين25:

المركب الكيميائي: 2− كلور 2− مثيل بروبان يتميه حسب المعادلة التالية :

$$(CH_3)_3 - C - Cl_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = (CH_3)_3 - C - OH_{(l)} + H_3O^+{}_{(l)} + Cl^-{}_{(l)}$$

نتابع التطور الزمني لهذا التحول بطريقة قياس الناقلية. في بيشر سعته $150\ ml$ ندخل $80\ ml$ من المزيج (ماء + $acétone$) و$20\ ml$ من محلول 2− كلور 2− مثيل بروبان تركيزه $0,10\ mol/l$. نوصل جهاز الناقلية بشكل مناسب و بعد القياس وإجراء الحساب نحصل على النتائج التالية :

$t(s)$	0	30	60	80	100	120	150	200
$\sigma(S/m)$	0	0.264	0.412	0.502	0.577	0.627	0.688	0.760

1− لماذا تكون قيمة الناقلية النوعية معدومة في اللحظة $t = 0s$ ؟

2− شكل جدول تقدم التفاعل .

3− استنتج عبارة الناقلية النوعية σ بدلالة التقدم x.

4− ارسم منحنى تطور التقدم x بدلالة الزمن.

5− احسب قيمة السرعة عند اللحظة $t = 50\ s$

6− احسب قيمة التقدم الأعظمي عند $t(\infty)$.

7− حدد قيمة زمن نصف التفاعل.

$$\lambda(Cl^-) = 7,5\ mS.m^2/mol \ , \qquad \lambda(H_3O^+) = 35mS.m^2/mol$$

تمرين 26:   باك رياضيات 2015

لدراسة حركية تطور النحول الكيميائي بين محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+ + S_2O_3{}^{2-}\right)$ ومحلول حمض الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$. في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 480mL$ من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $c_1 = 0.5\ mol/L$ مع حجم $V_2 = 20mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $c_2 = 5\ mol/L$. ننمذج التحول الحادث بالمعادلة التالية:

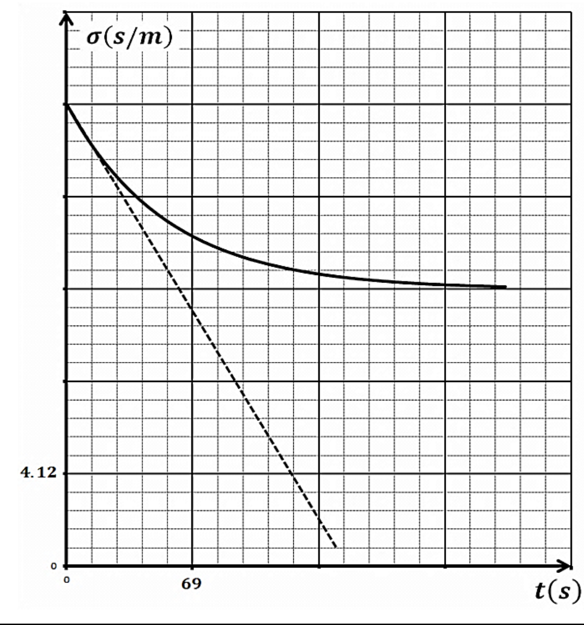
$$S_2O_3{}^{2-}{}_{(aq)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = S_{(S)} + SO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

1− أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

2− حدد المتفاعل المحد.

3− إن متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي مكنت من رسم بيان الشكل والممثل لتغيرات الناقلية النوعية بدلالة الزمن $\sigma = f(t)$.

− علل دون حساب سبب تناقص الناقلية النوعية .



4− تعطى الناقلية النوعية للمزيج التفاعلي عند اللحظة t بالعبارة :

$$\sigma = 20.6 - 170x$$

أ− عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب− بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل تكتب بالشكل:

$v_{vol} = -\frac{1}{170V} \times \frac{d\sigma}{dt}$ ، حيث V حجم الوسط التفاعلي .

ج− احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

د− عرف زمن نصف التفاعل $t_{\frac{1}{2}}$ ثم حدد قيمته بيانيا.

التمرين 27 : باك علوم تجريبية 2014

وضعنا في بيشر حجما $V_0 = 250ml$ من مادة مطهرة تحتوي على ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ بتركيز $c_0 = 2 \times 10^{-2} mol/l$ ثم اضفنا له عند درجة حرارة ثابتة قطعة من معدن الزنك $Zn_{(s)}$ كتلتها $m = 0.5g$. التحول الكيميائي البطيء والتام بين ثنائي اليود والزنك ينمذج بتفاعل كيميائي معادلته : $Zn_{(s)} + I_{2(aq)} = Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2I^{-}{}_{(aq)}$

متابعة التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية σ للمزيج في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على الجدول التالي:

$t(\times 10^2 s)$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$\sigma(S/m)$	0	0.18	0.26	0.38	0.45	0.49	0.5	0.51	0.52	0.52
$x(mmol)$										

1- اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية النوعية .

2- احسب كمية المادة الابتدائية للمتفاعلين.

3- أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث.

4- أ- اكتب عبارة الناقلية النوعية σ للمزيج التفاعلي بدلالة التقدم x .

ب- أكمل الجدول السابق. ج- ارسم المنحنى $x = f(t)$.

5- أ- عرف زمن نصف التفاعل ثم عين قيمته .

ب-جد قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين $t_1 = 400s$ و $t_2 = 1000s$.

ج-فسر مجهريا تطور السرعة الحجمية للتفاعل.

يعطى : $M(Zn) = 65.4\, g/mol$. $\lambda_{Zn^{2+}} = 10.56\, mS\,.m^2/mol$. $\lambda_{I^-} = 7.7\, mS\,.m^2/mol$

التمرين 28: باك علوم تجريبية 2008

في حصة الاعمال المخبرية اراد فوج من التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنيزيوم صلب ، حمض كلور الماء) فوضع احد التلاميذ شريطا من المغنيزيوم كتلته $m = 36mg$ في دورق ، ثم اضاف اليه محلولا من حمض كلور الماء بزيادة حجمه $V = 30\, ml$ وسد الدورق بعد ان اوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى.

معطيات: $M(Mg) = 24\, g/mol$ ، $V_M = 24 l/mol$

1- مثل مخططا للتجربة مع شرح الطريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه والكشف عنه.

2- اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول التام الحادث في الدورق علما ان الثنائيات المشاركة هي:

H^+/H_2 ، Mg^{2+}/Mg .

3- يمثل الجدول الآتي نتائج القياسات التي حصل عليها الفوج:

$t\ (min)$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$V_{H_2}\ (ml)$	0	12.0	19.2	25.2	28.8	32.4	34.8	36.0	37.2	37.2
$x(mol)$										

أ- مثل جدولا لتقدم التفاعل ، ثم استنتج قيم تقدم التفاعل x في الازمنة المبينة في الجدول.

ب- املأ الجدول ثم ارسم البيان $x = f(t)$ بسلم مناسب.

ج- عين سرعة التفاعل في الحظة $t = 0min$.

4- للوسط التفاعلي في الحالة النهائية $pH = 1$ ، استنتج التركيز المولي الابتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل.

التمرين29:

ندرس التفاعل الحاصل بين هيدروكسيد الصوديوم وايثانوات الاثيل وهو تفاعل تام ، لهذا الغرض نأخذ حجما $V_0 = 100ml$ من محلول من هيدروكسيد الصوديوم$(Na^+ + OH^-)$ تركيزه $C_0 = 0.01\,mol/l$ ونضيف اليه كتلة قدرها $0.089g$ من ايثانوات الاثيل$C_4H_8O_2$ الذي كتلته المولية : $M = 88.11\,g/mol$. نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي $V_0 = 100ml$.

تعطى معادلة التفاعل الكيميائي الحادث : $C_4H_8O_2 + OH^- = C_2H_3O_2{}^- + C_2H_6O$

لمتابعة هذا التحول عند 30°C نغمس في البيشر بعد المزج مباشرة مسبار جهاز قياس الناقلية الذي يسمح بقياس الناقلية النوعية في كل لحظة فنتحصل على النتائج في الجدول:

$t(min)$	0	5	9	13	20	27
$\sigma(S/m)$	0.250	0.210	0.192	0.178	0.160	0.148
$x(mmol)$						

1– لماذا تتناقص الناقلية النوعية للمحلول؟ علما ان:

$$\lambda_{C_2H_3O_2^-} = 4.1mS.m^2/mol \;,\; \lambda_{Na^+} = 5mS.m^2/mol \;,\; \lambda_{OH^-} = 20mS.m^2/mol$$

2– احسب عدد المولات الابتدائية للمتفاعلات.

3– أنشئ جدول التقدم للتفاعل الحادث في البيشر ثم احسب التقدم الاعظمي.

4– أ– أثبت أن عبارة التقدم x تعطى بالعلاقة التالية: $x = C_0V_0 \times \frac{\sigma_0-\sigma}{\sigma_0-\sigma_f}$ حيث σ_0 الناقلية النوعية في اللحظة $t = 0$ و $\sigma_f = 0.091\,S/m$ الناقلية النوعية عند نهاية التفاعل.

ب – أكمل الجدول ثم ارسم المنحنى $x = f(t)$ على ورقة مليمترية.

جـــ – عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته بيانيا.

د – عرف السرعة الحجمية للتفاعل ثم احسب قيمتها عند اللحظتين: $t = 5min$ و $t = 10min$

– كيف تتطور السرعة مع الزمن ؟ أعط التفسير المجهري لذلك.

5– أعط تراكيز الافراد المتواجدة في المحلول عند اللحظة $t = 20min$.

6– نأخذ ثلاث بياشر ونضع فيها $100ml$ من المزيج التفاعلي حيث نحقق ثلاث تجارب:

التجربة – أ– نظيف الى أحد البياشر كمية من الماء المقطر.

التجربة – ب– نرفع درجة حرارة البيشر الثاني الى 40°C .

التجربة –ج– نرفع درجة حرارة البيشر الثالث الى 40°C ونظيف اليه وسيط مناسب.

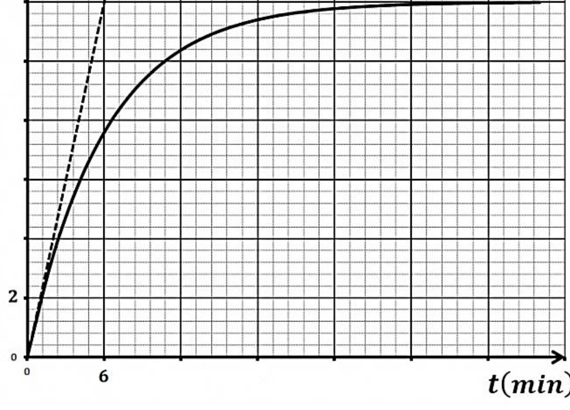
– ارسم كيفيا المنحنى المتوقع لكل تجربة مع المنحنى السابق مع ذكر العوامل الحركية المراد ابرازها.

التمرين30: بكالوريا رياضيات 2015

لمتابعة التطور الزمني للتحول الحادث بين محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ ومعدن الزنك $Zn_{(s)}$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة من الزنك $m = 0.654g$ الى دورق به حجم $V = 100mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C = 0.01mol/l$ ، نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال التحول . نقيس حجم غاز الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية: درجة الحرارة $\theta = 20°\,C$ والضغط $P = 1.013 \times 10^5 Pa$.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول الكيميائي الحادث علما أن: H_3O^+/H_2 ، Zn^{2+}/Zn .

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل ، وحدد المتفاعل المحد .



3- الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنت من الحصول على البيان بالشكل.

أ- عرف السرعة الحجمية للتفاعل .

ب-بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل:

$v_{vol} = \frac{P}{VRT} \times \frac{dV_{H_2}}{dt}$. حيث V حجم المزيج التفاعلي.

ج- احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$.

د- استنتج سرعة اختفاء شوارد H_3O^+ عند نفس اللحظة .

4- عرف زمن نصف التفاعل وحدد قيمته بيانيا .

$M(Zn) = 65.4\, g/mol$ ، $R = 8,314\ (SI)$ ، $PV = nRT$

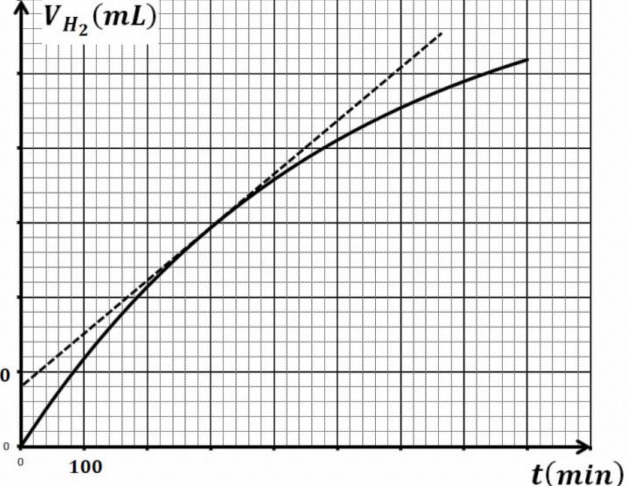
التمرين 31: بكالوريا علوم 2016

يتفاعل محلول حمض كلور الهيدروجين$(H_3O^+ + Cl^-)$ مع الالمنيوم وفق تفاعل تام منتجا غاز ثنائي الهيدروجين وشوارد الالمنيومAl^{3+} .

في اللحظة $t = 0$ ندخل عينة كتلتها $m = 0.81g$ من حبيبات الالومنيوم في بالون يحتوي على حجم $V = 60mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c = 0.18\, mol/l$. نغلق البالون بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول بمقياس غاز مدرج ومنكس في حوض مائي لجمع الغاز الناتج وقياس حجمه في لحظات مختلفة. النتائج المتحصل عليها مكنتنا من رسم البيان الممثل لتطور حجم الغاز المنطلق بدلالة الزمن $V_{H_2} = f(t)$. ننمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$2Al_{(s)} + 6H_3O^+{}_{(aq)} = 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 3H_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

1- اكتب المعادلتين النصفيتين الالكترونيتين للأكسدة والارجاع مع تحديد الثنائيتين (Ox/Red) المشاركتين في التفاعل.



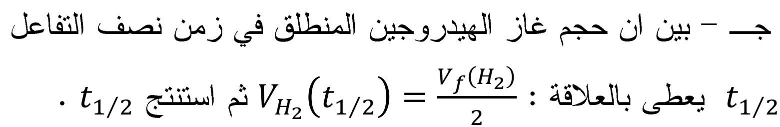
2- أ- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحادث .

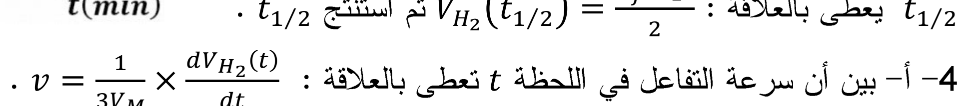
ب – جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} ثم حدد المتفاعل المحد.

3- أ- جد العلاقة بين تقدم التفاعل $x(t)$ وحجم غاز ثنائي الهيدروجين الناتج $V_{H_2}(t)$.

ب – استنتج حجم غاز الهيدروجين المنطلق عند نهاية التفاعل $V_f(H_2)$.

جـ – بين ان حجم غاز الهيدروجين المنطلق في زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يعطى بالعلاقة : $V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V_f(H_2)}{2}$ ثم استنتج $t_{1/2}$.


4- أ- بين أن سرعة التفاعل في اللحظة t تعطى بالعلاقة : $v = \frac{1}{3V_M} \times \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$.


ب – احسب قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 300s$.

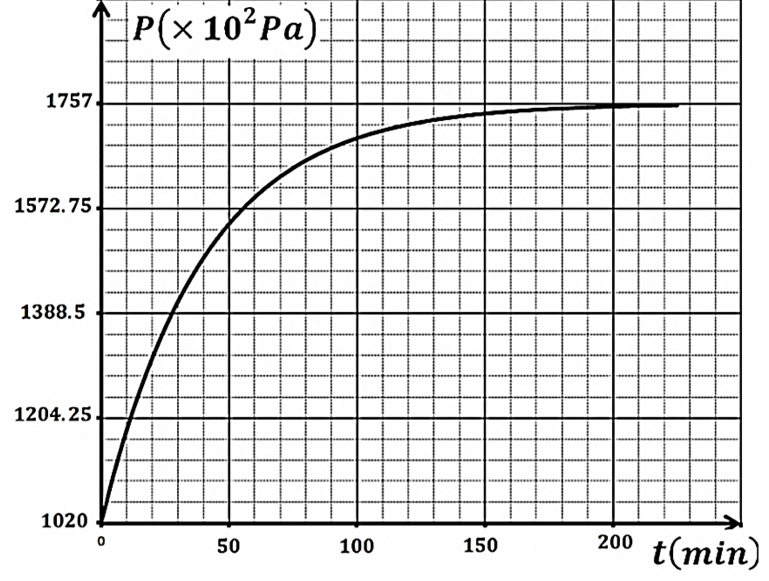
معطيات: $M(Al) = 27g.mol^{-1}$ ، $V_M = 24L.mol^{-1}$

التمرين 32:

لدراسة التحول الحاصل بين معدن الزنك Zn وحمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$عند 25°C، نضع في دورق مسحوق من الزنك كتلته $m = 0.5g$ مع حجم $V_0 = 75ml$ من حمض كلور الماء تركيزه $C_0 = 0.4mol/l$. نسد فوهة الدورق ونوصله بجهاز قياس الضغط ، قيم الضغط المقاسة في لحظات مختلفة مكنتنا من رسم البيان المقابل.

1- أعط مخططا للتركيب التجريبي الذي يسمح بقياس الضغط.

2- أكتب معدلة التفاعل الحادث علما ان الثنائيات الداخلة في التفاعل هي: H_3O^+/H_2 ، Zn^{2+}/Zn .



3- أنجز جدولا لتقدم التفاعل ثم عين المتفاعل المحد.

4- نعتبر أن الهواء وغاز ثنائي الهيدروجين غازات مثالية .

أ- أثبت أن عبارة تقدم التفاعل هي : $x = \frac{(P-P_0)V}{RT}$ حيث P_0 هو الضغط الابتدائي ، $V = 250ml$ حجم الغازات الموجودة في الدورق.

ب-بين انه عند $t = t_{1/2}$ فإن : $P = \frac{P_f+P_0}{2}$ ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$. حيث P_f الضغط النهائي.

ج- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$ ثم استنتج سرعة اختفاء H_3O^+ عند نفس اللحظة.

$M(Zn) = 65.4\, g/mol$, $PV = nRT$, $R = 8,314\ (SI)$,

التمرين 33:   باكالوريا تقني رياضي 2009

يحفظ الماء الاكسجيني – محلول لبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 – في قارورات خاصة بسبب تفككه البطيء . تحمل الورقة الملصقة على قارورة في المختبر الكتابة : ماء اكسجيني $(10V)$ ، وتعني ان لتر الماء الاكسجيني بعد تفككه يعطي $10l$ من غاز ثنائي الاكسجين O_2 في الشرطين النظاميين $V_M = 22.4\, l/mol$.

1- ينمذج التفكك الذاتي للماء الاكسجيني بالمعادلة : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$.

أ- بين أن التركيز المولي الحجمي للماء الاكسجيني هو : $c = 0.893\, mol/l$.

ب-نضع في حوجلة حجما V من الماء الاكسجيني ونكمل الحجم بالماء المقطر الى $100ml$.

- كيف تسمى هذه العملية .
- استنتج الحجم V اذا كان تركيز المحلول الناتج هو: $c_1 = 0.1\, mol/l$.

2- بغرض التأكد من الكتابة السابقة $(10V)$ عايرنا $20ml$ من المحلول الممدد بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4{}^-)$ المحمض تركيزه $c_0 = 0.02\, mol/l$ فكان الحجم المضاف عند التكافؤ هو : $V_E = 38ml$.

أ- اكتب معادلة التفاعل : اكسدة – ارجاع المنمذج لتحول المعايرة علما ان الثنائيات الداخلة في التفاعل :

O_2/ H_2O_2 و $MnO_4{}^-/Mn^{2+}$

ب-استنتج التركيز المولي لمحلول الماء الاكسجيني الاصلي وهل تتوافق النتيجة التجريبية مع ما كتب على الملصقة في القارورة ؟

التمرين 34:　　　　باك علوم تجريبية 2011

يعرف محلول بيرو كسيد الهيدروجين بالماء الاكسجيني، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة .

يتفكك الماء الاكسجيني ذاتيا وفق التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائي التالية: $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$.

1. أقترح التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق. وضع الأستاذ في متناولهم المواد والوسائل التالية:
   - قارورة تحتوي على $500ml$ من الماء الاكسجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني $20V$ (كل $1l$ من الماء الاكسجيني يحرر $10l$ من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين، الحجم المولي $V_M = 22.4\, l/mol$).
   - الزجاجيات: − حوجلة عيارية $50ml$، $100ml$ ، $200ml$ ، $250ml$.　− سحاحة مدرجة سعتها: $50ml$.
     − ماصات عيارية $1ml$، $5ml$ ، $10ml$ وإجاصة مص.　− بيشر سعتها$250ml$.
   - قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمغنات $C' = 2 \times 10^{-3}\, mol/l$.
   - ماء مقطر.　− قارورة حمض الكبريت المركز 98%.　− حامل.

قام الأستاذ بتفويج التلاميذ إلى أربع مجموعات مضغرة (A, B, C, D) ثم طلب منهم القيام بما يلي:

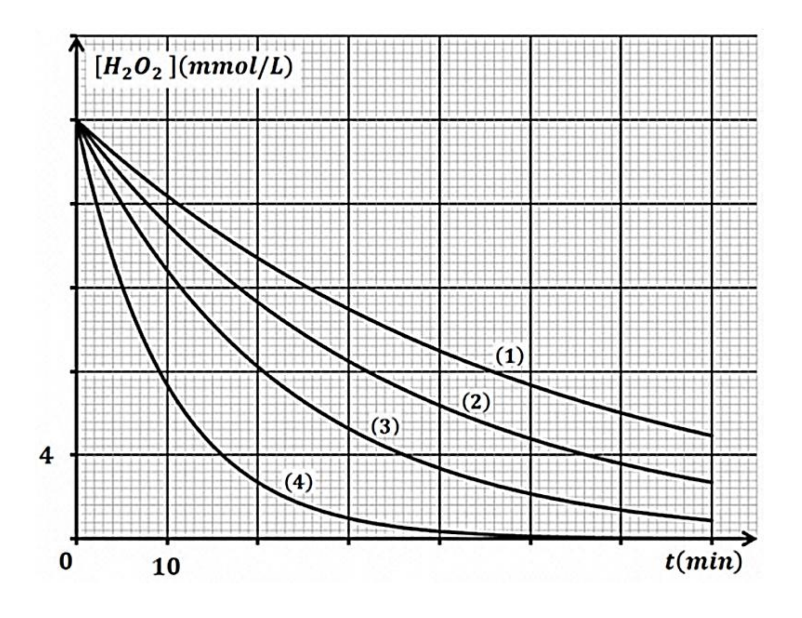
أولا: تحضير محلول S بحجم $200ml$ أي بتمديد عينة من المحلول S_0 اربعون 40 مرة.

1. ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.
2. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. (تفكك الماء الاكسجيني)
3. احسب التركيز المولي للمحلول S_0. استنتج التركيز المولي للمحلولS .

ثانيا: تأخذ كل مجموعة حجما من المحلول S ، وتضيف إليه حجما معينا من محلول يحتوي علة شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدول التالي:

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف (mL)	1	5	0	2
حجم $H_2O_2\,(mL)$	49	45	50	48
حجم الوسط التفاعلي (mL)	50	50	50	50

1. ما هو دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة ؟
2. تأخذ كل مجموعة في لحظات زمنية مختلفة حجما مقداره $10ml$ من الوسط التفاعلي الخاص بها ويوضع في الماء البارد والجليد وتجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة (باضافة قطرات من حمض الكبريت المركز).
   - ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد ؟
3. سمحت عمليا المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل −2−)
   أ− حدد البيان الخاص بكل مجموعة.
   ب− اوجد من البيان التركيز المولي للمحلول S المعاير. استنتج التركيز المولي للمحلول S_0.
   جـــ− هل النتائج المتوصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القارورة؟



التمرين35:

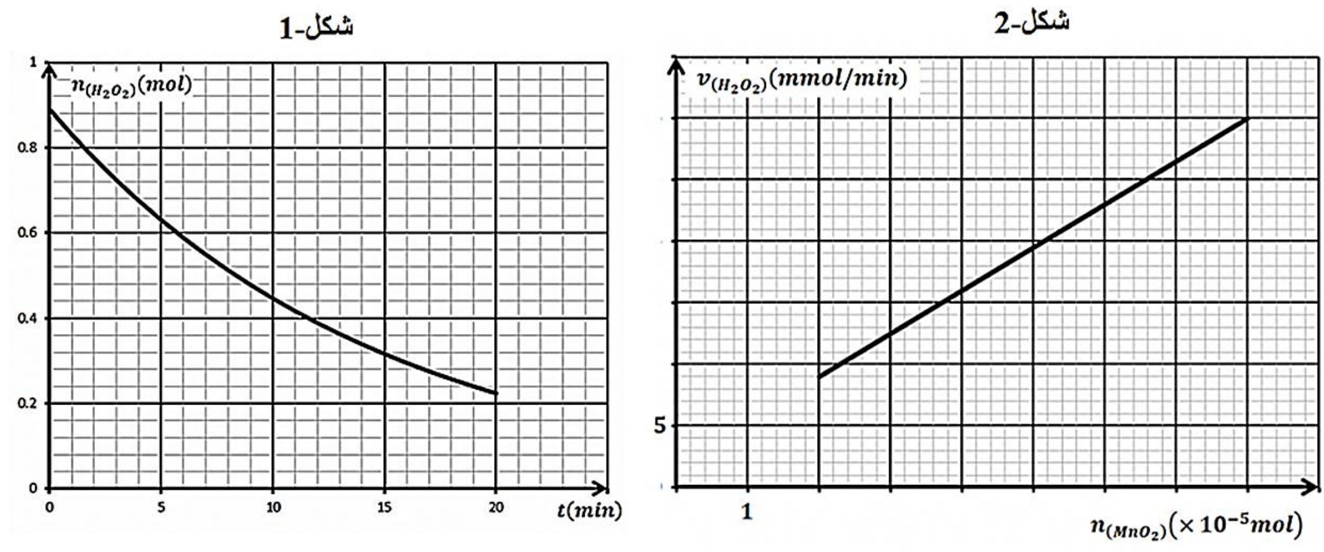
يحفظ الماء الاكسجيني – محلول لبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 – في قارورات خاصة بسبب تفككه البطيء . تحمل الورقة الملصقة على قارورة في المختبر الكتابة : ماء اكسجيني $(10V)$ ، وتعني أن $1l$ من الماء الاكسجيني بعد تفككه يعطي $10l$ من غاز ثنائي الاكسجين O_2 في الشرطين النظاميين $V_M = 22.4\,l/mol$.

1– أ– ينمذج التفكك الذاتي للماء الاكسجيني بالمعادلة : $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$.

ب – اكتب جدول التقدم لتفكك الماء الاكسجيني.

ج– بين أن كمية مادة الماء الاكسجيني في لتر من محلوله هي: $n_{(H_2O_2)} = 0.89mol$

2– لدراسة تطور التفاعل عند درجة حرارة ثابتة نضيف عند اللحظة $t = 0$ كمية قليلة من ثنائي اكسيد المنغنيز MnO_2 إلى لتر من الماء الاكسجيني ونتابع تغيرات كمية المادة $n_{(H_2O_2)}$ المتبقي في المحلول عند لحظات زمنية مختلفة فنتحصل على البيان الشكل–1 :



أ– أوجد عند اللحظة $t = 10min$ كمية المادة لــ H_2O_2 المتبقية وعدد مولات O_2 الناتج .

ب– عرف سرعة اختفاء الماء الاكسجيني ثم احسب قيمتها عند اللحظة $t = 10min$

ج– استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند نفس اللحظة.

د– عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته بيانيا.

3– نغير من كمية مادة الوسيط MnO_2 عدة مرات ونحدد في كل مرة سرعة اختفاء الماء الاكسجيني عند نفس اللحظة $t = 10min$ فنتحصل على البيان في الشكل–2:

أ– اوجد سرعة اختفاء الماء الاكسجيني في غياب الوسيط.

ب– ما هي كمية الوسيط المستعملة في السؤال –2 ؟

ج– ما هو تأثير كمية الوسيط على سرعة التفاعل؟

التمرين 36:　　　　باك تقني رياضي 2014

للماء الاكسيجيني H_2O_2 أهمية بالغة ، فهو معالج للمياه المستعملة ومطر للجروح ومعقم في الصناعات الغذائية .

الماء الاكسجيني يتفكك بتحول بطيء جدا في الشروط العادية معطيا غاز ثنائي الاكسجين والماء وفقا للمعادلة المنمذجة للتحول الكيميائي: $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

لدراسة تطور التفكك الذاتي للماء الاكسجيني بدلالة الزمن ، نأخذ مجموعة انابيب اختبار يحتوي كل منها على حجم $V_0 = 10ml$ من هذا المحلول ونضعها عند اللحظة $t = 0$ في حمام مائي درجة حرارته ثابتة .

عند كل t ، نفرغ انبوبة اختبار في بيشر ونضيف اليه ماء وقطع جليد وقطرات من حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^-)$ ثم نعاير المزيج بمحلول مائي لثاني كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ تركيزه المولي c = 0.1mol/l فنحصل كل مرة على الحجم V_E اللازم لبلوغ التكافؤ. سمحت النانئج المتحصل عليها برسم المنحنى البياني الممثل في الشكل −1−

1− معادلة تفاعل المعايرة هي:

$$3H_2O_{2(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(qa)} + 8\,H_3O^+{}_{(aq)} = 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3O_{2(g)} + 15H_2O_{(l)}$$

أ− اكتب المعادلتين النصفيتين للاكسدة والارجاع الموافقتين لهذا التفاعل .

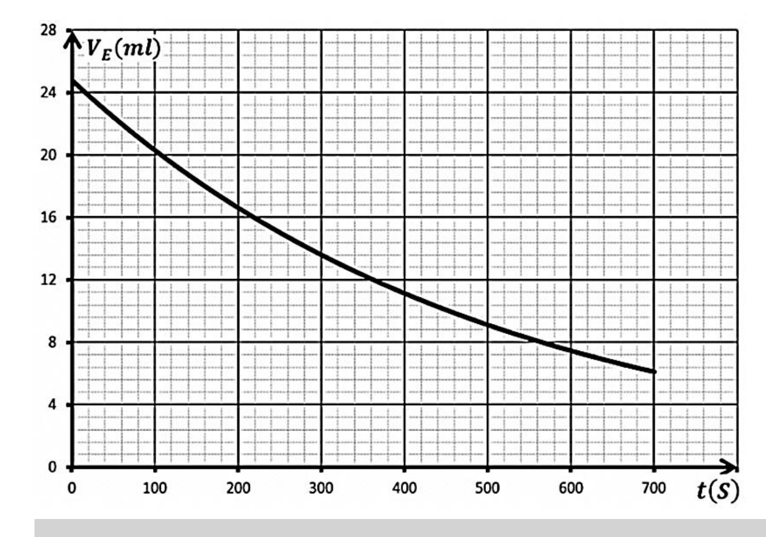
ب− هل يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط في هذا التفاعل ؟ علل.

ج− هل يؤثر اضافة الماء وقطع الجليد على قيمة حجم التكافؤ V_E ؟ علل.

د− عبر عن التركيز المولي $[H_2O_2]$ لمحلول الماء الاكسجيني بدلالة : c ، V_E و V_0

ه− القارورة التي اخذ منها الماء الاكسجيني المستخدم في هذه التجربة كتب عليها الدلالة $10V$ أي : كل $1l$ من محلول الماء الاكسجيني يحرر $10l$ من غاز ثنائي الاكسجين O_2 في الشرطين النظاميين .

- هل هذا المحلول محضر حديثا ؟ علل.



2− بالاعتماد على المنحنى والعبارة المتوصلة في السؤال −2 جد:

أ− زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

ب− عبارة السرعة الحجمية لاختفاء $H_2O_{2(aq)}$ بدلالة V_E .

ج− قيمة السرعة الحجمية لاختفاء الماء الاكسجيني عند اللحظتين : $t_1 = 200s$ و $t_2 = 600s$. ماذا تلاحظ ؟ علل.

يعطى : $V_M = 22.4\,L/mol$

التمرين37:

من أجل المتابعة الزمنية لتحول كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$ الصلبة مع حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$، الذي ينمذج بمعادلة التفاعل التالية : $CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

يوجد في المخبر الوسائل، المحاليل والمواد التالية:

- قارورة حمض كلور الماء كتب عليها: $c_0 = 0.1\,mol/L$.
- مسحوق كربونات الكالسيوم . ماء مقطر ، جهاز قياس الناقلية ، ميزان الكتروني حساس.
- الزجاجيات: − بياشر سعتها : $100ml$ ، $150ml$ ، $200ml$.

− ماصات عيارية سعتها: $5ml$ ، $10ml$ ، $20ml$ ، اجاصة مص ، جفنة .

نحضر محلولا من كلور الهيدروجين تركيزه $c = 10\,mmol/L$ وحجمه $V = 200mL$.

1− ضع بروتوكولا تجريبا لتحضير هذا المحلول .

2− نضع كتلة من كربونات الكالسيوم قدرها 0.4g في البيشر.

– انجز جدولا لتقدم التفاعل ثم عين المتفاعل المحد.

3– يمكن متابعة التحول السابق عن طريق قياس الناقلية .

أ– اكتب عبارة الناقلية النوعية σ للوسط التفاعلي بدلالة الشوارد في المحلول.

ب– احسب σ_0 الناقلية النوعية المحلول عند اللحظة $t = 0$.

ج– أثبت انه يمكن كتابة عبارة الناقلية النوعية عند كل لحظة t بالعلاقة : $\sigma = 0.425 - 290x$ حيث σ بـــ s/m .

4– ان العلاقة السابقة مكنتنا من رسم المنحنيين التاليين:

أ– أي المنحنيين يمثل $[Ca^{2+}]$ و $[H_3O^+]$.

ب– عرف سرعة التفاعل وبين أنه يمكن استنتاجها من المنحنيين.

ج– عين السرعة التفاعل في اللحظتين $t = 0$ ولحظة تقاطع المنحنيين .

د– قارن بين السرعتين ، وما هو العامل الحركي المراد ابرازه؟

ه– احسب تركيز الشوارد المتواجدة في المحلول لحظة تقاطع المنحنيين .

و– عرف زمن نصف التفاعل وعينه.

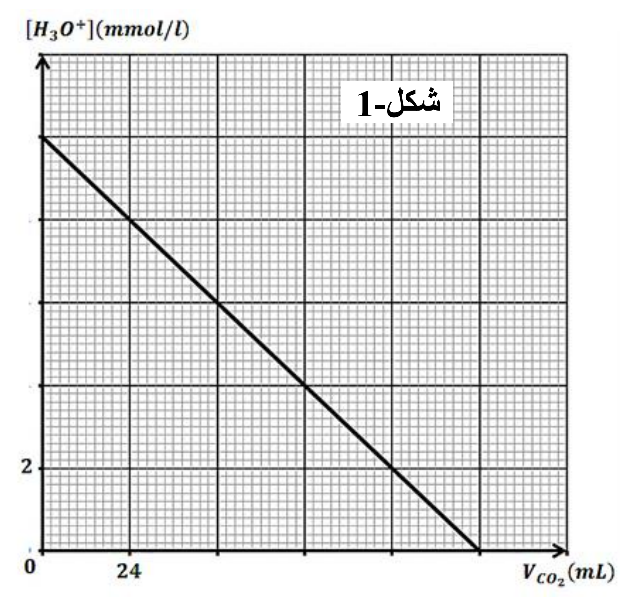
$C = 12\ g/mol\ \ ,O = 16\ g/mol\ ,Ca = 40g/mol,$

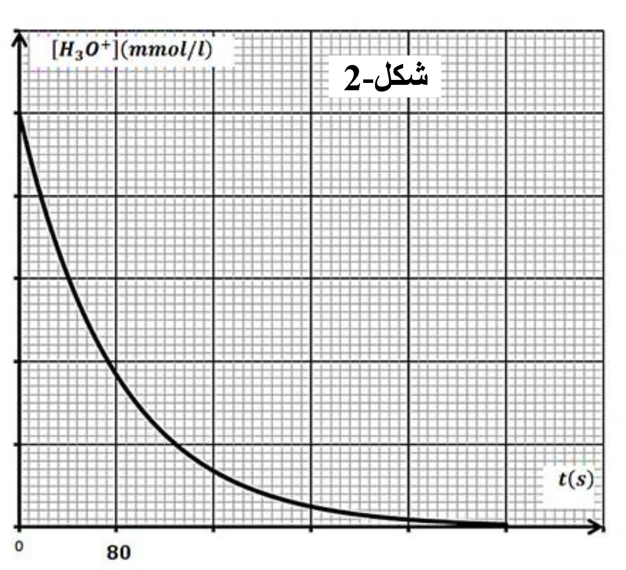
$\lambda(Cl^-) = 7,5\ mS.m^2/mol\ ,\lambda(\ Ca^{2+}) = 12\ mS.m^2/mol\ ,\qquad \lambda(H_3O^+) = 35mS.m^2/mol$

التمرين 38: باك تقني رياضي 2014

من أجل المتابعة الزمنية لتحول كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$ الصلبة مع حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)_{aq}$، الذي ينمذج بمعادلة التفاعل التالية : $CaCO_{3(s)} + 2H_3O^+{}_{(aq)} = Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

نضع في دورق حجما V من حمض كلور الماء تركيزه المولي c ونظيف اليه 2g من كربونات الكالسيوم . يسمح تجهيز مناسب بقياس حجم غاز ثنائي اكسيد الكربون V_{CO_2} المنطلق عند لحظات مختلفة ، تمت معالجة النتائج المحصل عليها بواسطة برمجية خاصة ، فأعطت المنحنيين الموافقين للشكلين –1– و –2– .





1– أنجز جدولا لتقدم التفاعل .

2- أثبت أن التركيز المولي لشوارد $H_3O^+_{(aq)}$ في أية لحظة يعطى بالعبارة $[H_3O^+] = c - \frac{2V_{CO_2}}{V \times V_M}$ حيث V_M الحجم المولي للغازات .

3- بالاعتماد على المنحنى الموافق للشكل -1- جد:

أ- كلا من التركيز المولي الابتدائي c للمحلول الحمضي وحجم الوسط التفاعلي V .

ب- القيمة النهائية لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد .

4- المنحنى $[H_3O^+] = f(t)$ الموضح في الشكل -2- ينقصه سلم الرسم الخاص بتركيز $[H_3O^+]$.

أ- حدد السلم الناقص في الرسم .

ب- احسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 80s$.

ج- جد من المنحنى زمن نصف التفاعل وحدد اهميته .

يعطى : $M_C = 12\,g/mol$ ، $M_o = 16\,g/mol$ ، $M_{Ca} = 40\,g/mol$ ، $V_M = 24\,l/mol$

التمرين 39: بكالوريا علوم 2016

نحضر ماء الجافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور Cl_2 مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ بتحول كيميائي تام ينمذج بمعادلة التفاعل التالية: $Cl_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} = ClO^-_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

1- تعرف الدرجة الكلورومترية $(°Chl)$ بأنها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشرطين النظاميين اللازم استعمالها لتحضير لتر واحد من ماء الجافيل . بين أن : $°Chl = C_0.V_M$.

حيث : $V_M = 22.4L.mol^{-1}$ هو الحجم المولي و C_0 هو التركيز المولي لماء الجافيل.

2- نأخذ العينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة الحرارة 20°C تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت ClO^- هو C_0 ، ونمددها 4 مرات ليصبح تركيزه المولي C_1 . نأخذ $V_1 = 2mL$ ونظيف اليها كمية كافية من يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ في وسط حمضي ، فيتشكل ثنائي اليود I_2 وفق تفاعل تام ينمذج بالمعادلة التالية:

$$ClO^-_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + Cl^-_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

نعاير ثنائي اليود المتشكل في نهاية التفاعل بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ تركيزه بالشوارد $S_2O_3^{2-}$ هو $C_2 = 0.1\,mol/l$ بوجود كاشف ملون ، فيكون حجم ثيوكبريتات الصوديوم المضاف عند التكافؤ $V_E = 20ml$

تعطى الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في تفاعل المعايرة: (I_2/I^-) و $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$.

أ- اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والارجاع ثم معادلة التفاعل أكسدة – ارجاع المنمذج لتحول المعايرة.

ب- بين أن : $C_1 = \frac{C_2 \times V_E}{2V_1}$.

جـ- احسب c_1 ثم استنتج C_0 و $°Chl$.

3- يتفكك ماء الجافيل وفق تحول تام وبطيء ، معادلته الكيميائية : $2ClO^-_{(aq)} = 2Cl^-_{(aq)} + O_{2(g)}$

يمثل الشكل المنحنيين البيانيين لتغير تركيز شوارد ClO^- بدلالة الزمن الناتجين عن المتابعة الزمنية لتطور عينتين من ماء جافيل حضرتا بنفس الدرجة

الكلورومترية للعينة (A) عند درجتي الحرارة 20°C بالنسبة للعينة (1) و40°C بالنسبة للعينة (2) . العينتان حديثتا الصنع عند اللحظة $t = 0$.

أ- استنتج بيانيا التركيز الابتدائي للعينتين (1) و(2) بالشوارد ClO^-. هل العينة (A) السابقة حديثة الصنع ؟

ب- اكتب عبارة السرعة الحجمية لاختفاء الشوارد ClO^-، ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 50jour$ بالنسبة لكل عينة.

- قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟

جـ- ماهي النتيجة التي نستخلصها من هذه الدراسة للحفاظ على ماء الجافيل لمدة أطول؟

تمرين 40:

ماء الجافيل معقم يصنع من فعل ثنائي الكلور الغازي Cl_2 على محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$.

1- علما ان الثنائيات(Ox/Red) الداخلة في التفاعل هي(ClO^-/Cl_2) و (Cl_2/Cl^-) اكتب معادلة الاكسدة الارجاعية الموافقة لتحضير ماء الجافيل.

2- يتفكك ماء الجافيل ببطء حسب التحول الكلي المنمذج بمعادلة التفاعل التالي: $2ClO^-_{(aq)} = 2Cl^-_{(aq)} + O_{2(g)}$.

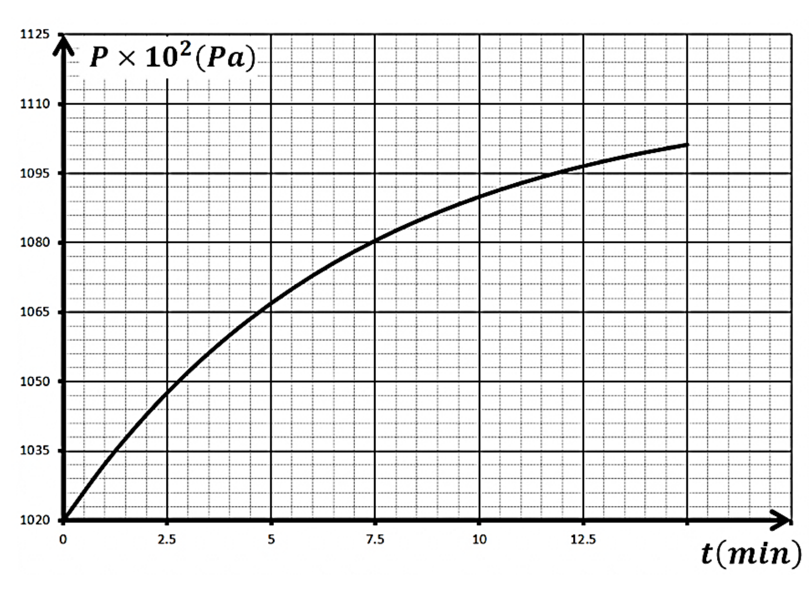
لمتابعة تطور هذا التفاعل نمدد محلول تجاري S_0 من أجل الحصول على حجم $V_1 = 20ml$ من محلول S_1 لماء جافيل مخفف بـ 10 مرات تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت ClO^- هو $C_1 = 0.104mol/L$ ، من المحلول S_1 في حوجلة . عند اللحظة $t = 0$ نشغل الكرونومتر ثم نظيف كمية صغيرة من كلور الكوبالت في المحلول ثم نسد الحوجلة ، شاردة الكوبالت Co^{2+} هي وسيط للتفاعل . بمتابعة تطور التحول الحادث نقيس الضغط P للغاز في الحوجلة ، نهمل كمية غاز الاكسجين المنحلة في الماء بالنسبة لكمية غاز الاكسجين الناتجة عن التحول . درجة الحرارة $T = 296K$ نبقيها ثابتة والحجم الذي يشغله الغاز في الحوجلة ثابت $V_g = 275ml$. يعطى: $R = 8,314\ (SI)$, $PV = nRT$.

أ- اذكر البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول S_1 معطيا التركيز المولي C_0 للمحلول التجاري S_0 وحجم الماء المضاف.

ب-شكل جدول تقدم تفاعل تفكك ماء الجافيل معطيا قيمة التقدم الاعظميx_{max} للتفاعل الحادث في الحوجلة .

ج- بين ان تقدم التفاعل يعطى بالعبارة : $x = \frac{(P-P_0)V_g}{RT}$. حيث P_0 هي قيمة الضغط الابتدائي

د- باعتبار غاز الاكسجين غاز مثالي بين أن الضغط النهائيP_f يعطى بالعبارة التالية : $P_f = P_0 + \frac{RTx_{max}}{V_g}$ ثم احسب P_f .



ه- بين انه عند $t = t_{1/2}$ فإن : $P = \frac{P_f + P_0}{2}$ ثم استنتج قيمة $t_{1/2}$.

و- بين ان سرعة اختفاء ClO^- تعطى بالعبارة: $v = \frac{2V_g}{RT} \times \frac{dP}{dt}$ ثم احسبها عند اللحظة $t = 5min$.

3- ما هو حجم غاز ثنائي الكلور Cl_2 اللازم لتحضير لتر من المحلول التجاري S_0 في الشروط التجريبية $P_0 = 1.02 \times 10^5 P$ و $T = 296K$

.